

PLA - 89 - 5

6 / 21 / 89

1 GeV リニアック検討資料

1 GeV LINAC DESIGN NOTE

題目 (TITLE) DTL cold model の設計と実測との比較

著者 (AUTHOR) 加藤隆夫

概要 (ABSTRACT)

DTL cold model の周波数と電場分布について設計と実測とを比較した。周波数の差は 0.0083 % となり、電場分布は、4個のタンクユニットの内径の変化を考慮すれば説明出来る。

KEY WORDS:

Ion source, RFQ, DTL, CCL, Magnet, Monitor, Beam Dynamics, Transport, Vacuum, Cooling
Klystron, Low level rf, High power rf, Modulator
Control, Operation, Radiation, Others

1. 周波数選定の基本方針

- 1) ステムの効果を取り入れて、電場分布を平坦にする。
 - 2) ポストの効果はここでは取り入れない。実機においてポストをとり入れる場合には、モデルタンクの測定から評価する。
 - 3) チューナーを入れない状態、
 - 4) 25度、真空中、
- 上の条件で周波数が 431.56 MHz となるような計算をする。チューナーを半分入れる事による周波数の上昇を 500 kHz と推定し、SUPERFISH 計算の誤差を 60 kHz とし、目標の 432.0 MHz となる。

2. ステムの効果

ステム径が 15 mm の時、モデルタンクの、入り口と出口のステムによる周波数変化の差は 137 kHz である。ステムに高さ 4 cm のスカートをつけると、これは 65 kHz に減少する。この周波数変化による電場分布の勾配は 93 % である。(低エネルギー側が下がる) 入射タンク(実機タンク)の場合は、167 kHz が 78 kHz に減少する。

3. 周波数の比較

タンク内径は、当初の値 441.2 mm に比べて大きくなり、平均 441.3323 mm (25度) である。これによる周波数変化は -93 kHz なので設計周波数は

$$f_{\text{cal}} = 431.56 - 0.093 = \underline{431.467 \text{ MHz}}$$

と評価される。

TM010 の周波数は 431.29105 MHz (21度、湿度 39%、1010.49 mb)、 $Q_0 = 23800$ と実測された。

空気と湿度による誘電率は 1.000628 となるので、21度、真空中の周波数は 431.42655 MHz となる。

Q値による周波数の変化は $f/2Q_0 = 9.06 \text{ kHz}$ と推定される。

温度係数(実測)は -8 kHz/度なので、温度補正は -32 kHz である。

タンクの両端板にはステムがないので、これによる補正を測定すると、27.5 kHz である。

従って、周波数の測定値として

$$f_{\text{measure}} = 431.42655 + 0.00906 - 0.032 + 0.0275 = \underline{431.4311 \text{ MHz}}$$

を得る。

計算と測定のずれは -35.9 kHz = 0.0083 % であり、満足できる。しかしながら、内径のずれが 0.1 mm 以上あるのは好ましくない。これは、次節の観点からも望ましくない。

4. 電場分布の比較

ステムを考慮して、セル周波数はセル毎に変化させている。モデルタンクでは、高エネルギー側は低エネルギー側に比べて 65 kHz 高くなっている。ステムがなければ、高エネルギー側の電場が約 7% 低くなる。ステムによりセル周波数が一定となり、平坦な電場分布が得られるはずである。ところが、モデルタンクでは、タンクの内径がわずかであるが変化している。

N0.1-4 タンク内径 441.3328 441.3830 441.3233 441.2985 (単位 mm)

この結果、本来 60 kHz 程度であるべき周波数の差が、90 kHz に拡大している。ステムにより補償しきれない周波数の差が約 30 kHz あり、これは高エネルギー部分の電場を 3% 減少させる。但しこれは、タンクの両端を使用した粗い見積りである。

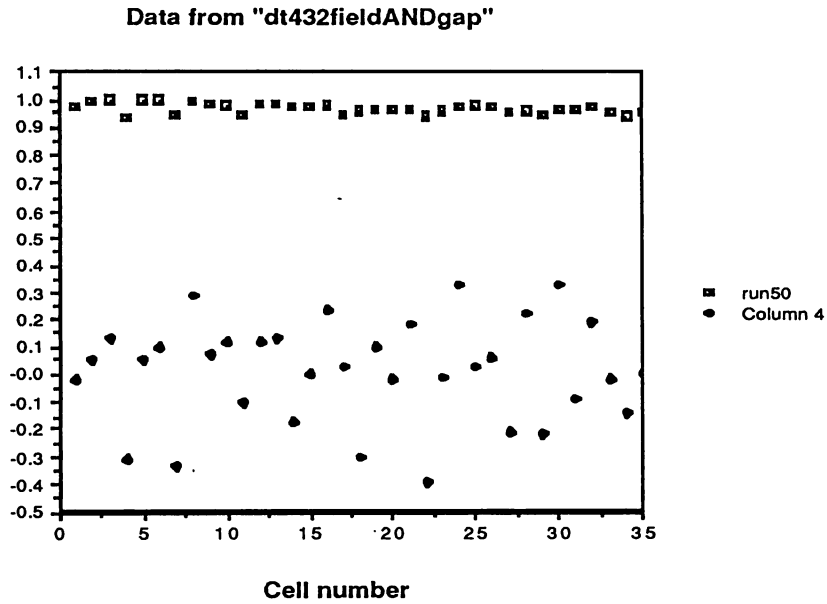


図1 納入時の加速電場分布とギャップ寸法の測定値

図1に電場分布と加速ギャップの測定結果を示す。4番と7番のように、大きくギャップ寸法がずれている所では電場も大きくずれている。図1の電場分布を拡大したものを図2に示す。

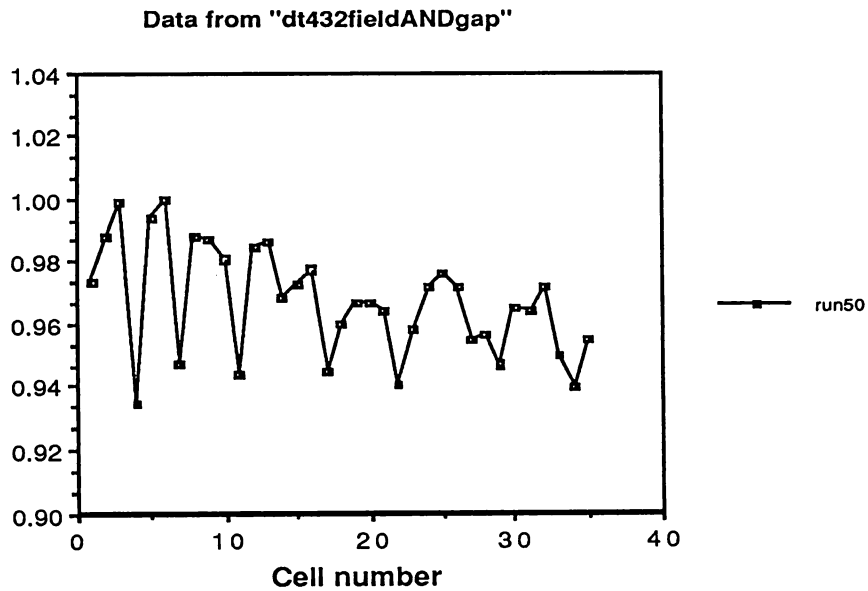


図2 ギャップ寸法修正前の加速電場分布 (図1を拡大したもの)

図2の分布を直線でフィットすれば、タンクの両端で2.9%の傾きとなる。第一回の基本的な測定の終了後に、4番、7番、11番のギャップ寸法の修正を行なった。その後の加速電場測定結果を図3に示す。

図3では、タンク両端の電場の傾きは2.1%である。

従って次のようにまとめる事ができる。
 ステムの効果を考慮しなければ、低エネルギー側の電場が14%下がるはずであり、今回

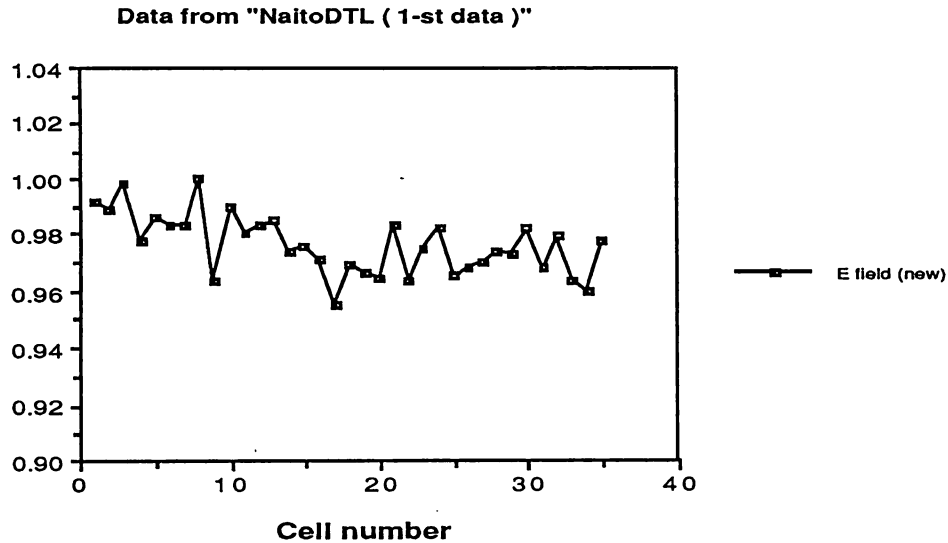


図3 ギャップ寸法修正後の加速電場分布

の設計ではうまく補償ができたといえる。約3%の予想とは逆の傾きは、タンクの直径の変化を考慮すれば、ほぼ定量的に説明できる。

表1 周波数についてのまとめ

1. 計算値

セルの計算値	431.56 MHz (ステムの効果を含む)
チューナーを半分入れる	+ 500 kHz
計算誤差	- 60 kHz
目標値	432.00 MHz

2. 製作タンク内径が 0.13 mm 大きくなった事による目標周波数の変化 - 93 kHz

3. 測定値の目標周波数 $431.56 - 0.093 = 431.467$ MHz

4. 測定周波数 431.29105 MHz (21°C、湿度 39%、1010.49 mb)

誘電率補正	+135.5 kHz
Q補正	+9.06 kHz
温度補正	-32 kHz (25°C換算)
端板ハーフステム補正	+27.5 kHz

補正後の測定周波数 431.4311 MHz (25°C,真空)

5. 測定と設計値の比較

$$431.4311 - 431.67 = -0.0359 \text{ MHz} = 35.9 \text{ kHz}, 0.0083\%$$