

PLA - 90 - 48

91 / 1 / 18

1 GeV リニアック検討資料

1 GeV LINAC DESIGN NOTE

題目 (TITLE) 永久四極磁石の製作法について

著者 (AUTHOR) 加藤隆夫

概要 (ABSTRACT)

切削精度を上げて製作した磁石片を16個組み込む方法で四極磁石の製作法を研究した。この場合、スペーサーを使用しないで、磁石片を組み込むので作業は非常に簡単になる。

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

永久四極磁石の製作法について

910109 加藤隆夫

現在、新しい永久四極磁石の製作法により、18個の永久四極磁石を製作しているが、その方法で気にかかる点を記録しておきたい。

問題は16個の磁石片をいかにきちんと整列させるかであるが、ここでは、厚さ0.1 mm以上の8枚のスペーサーを接着剤で磁石片に貼り付け、隙間を無くそうとしている。これに伴い、以下の問題点を生じる。

1) スペーサーの厚みを決める為の作業が必要となる。その場合、厚みを算出するときに、磁石片の実測データを使用せざるをえなくなっている。このデータは本来信頼に欠けるとされて、スペーサーを使用する理由の一つとなったものである。

2) 接着剤は分解すると水素を出し、磁石片崩壊の危険の素となる。従って、極力使用しない事が望ましい。

3) 接着剤を使用する事により、表面酸化防止の為のコーティングを施せない面が出てくる。

4) 0.1 mmの隙間8箇所は、磁石の様々な性能の劣化を起しはしないか。筆者は具体的に検討してないので、無いに越した事はないとしかいえないが。

以上の点から、隙間の無いような磁石片の加工は出来ないものかと考えた結果が以下の記録である。なお、その時点での本提案は到底可能でないとして否定されている。

マグネットピース精密加工の結果のメモ

901017 加藤隆夫

1) マグネットピース(住特金製作中と同じサイズ)を、20個精密研削にて製作した(東測)。主なサイズの要求精度は以下の通り。

横幅	6.4	+0.003
台形上辺幅	2.78	+0, -0.01(*)
斜面角度	11.25	+0, -0.01deg
高さ	17	+0.003
斜面振り分け		0.002 以内
直角度		0.01 deg
平行度		0.002

*仕様では、+0,-0.006となっていた

加工後、3次元測定器にて、寸法測定をした結果、台形上辺幅が、-0.012 mmとなった以外は、仕様を満足している。

16個を4極磁石状に並べて、その隙間(隣り合うピースの間)を測定すると、ピー

スの並べ方により、

270、170、230、260 μm の値を得た。この隙間の原因を推定すると、以下の4つが考えられる。

- 1) 磁石中心の芯棒の半径の増加

$$dL1 = 2 * \pi * dr = 2 * \pi * 5 = 31 \mu\text{m}$$

- 2) 横幅の減少

$$dL2 = 55 \mu\text{m}$$

- 3) 斜面角度

平均するとほぼゼロになった

- 4) 台形上辺幅の減少により、斜面端が r 方向へ増加する事によるもの

$$dL3 = 198 \mu\text{m}$$

$$\text{Total gap} = 31 + 55 + 198 = \underline{284} \mu\text{m} \quad (\text{推定値})$$

この結果から判断すると、台形上辺幅の精度が組立後の隙間の原因となっている。寸法仕様として、むしろ斜面端の位置を与える方が、隙間を減少させやすいと思われるが、加工先との相談により現在のままとする。

今後の方向

- 1) 隙間一つに少量の充填剤又は接着剤を入れて、円周方向のガタを固定できるか検討する。
バンドは勿論使用する。
- 2) 寸法精度の+-を変えて作り、適当な組み合わせを見つける。
- 3) 今回は硬めの鉄を材料にしたが、磁石でも同じに出きるか試験する。
- 4) 住特金との技術比較、コスト比較を行ない、磁場測定との関係を含めて、研削場所を判定する。
- 5) スペーサー無しでも、組立可能かどうか（摩擦と磁気力に反して）検討する。

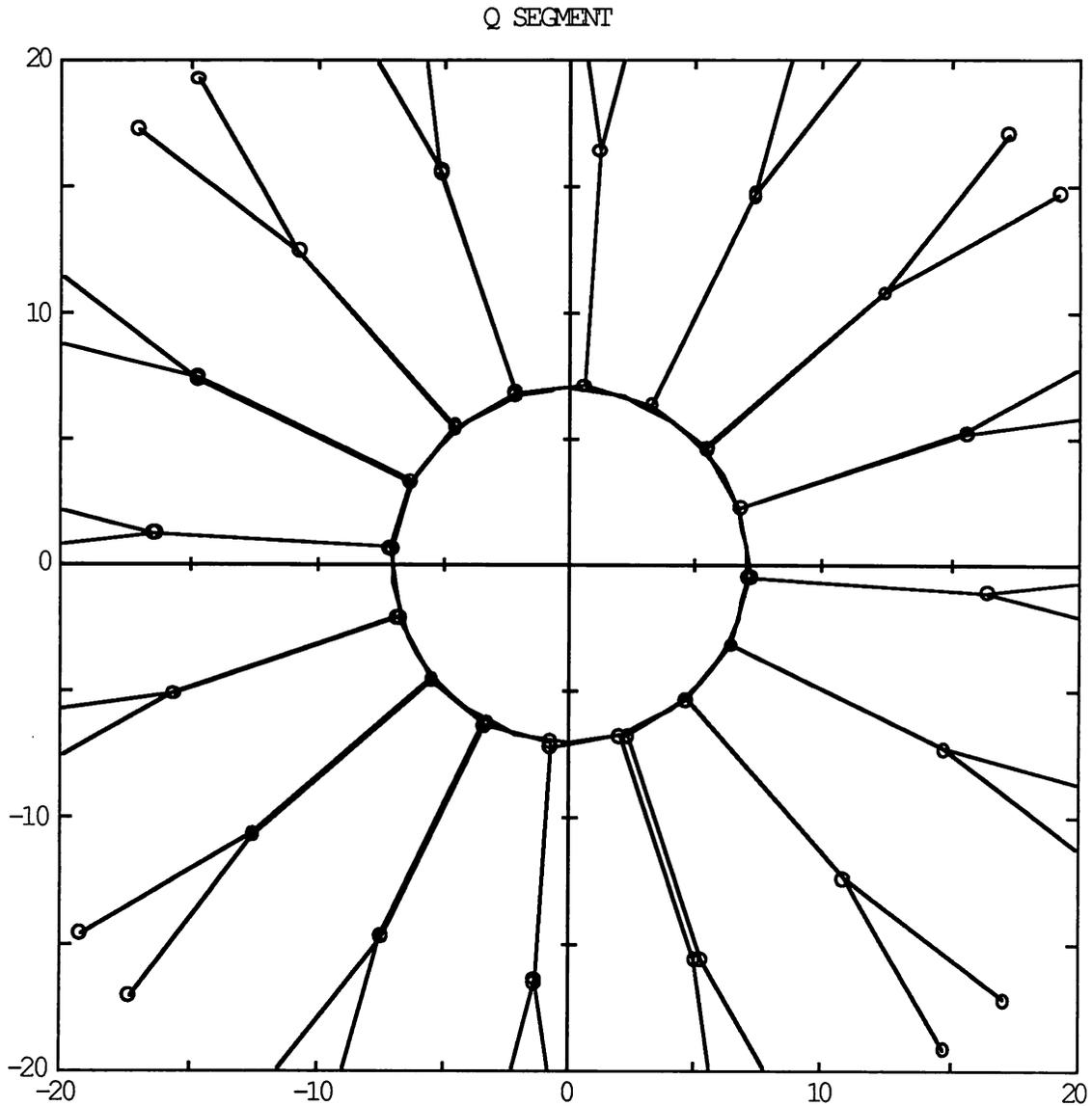
以上 901017

2) 磁石片整列プログラム

製作した磁石片の寸法測定データを基礎にして、磁石片を整列させて、最終的な隙間を計算するプログラムを作り、計算させた。

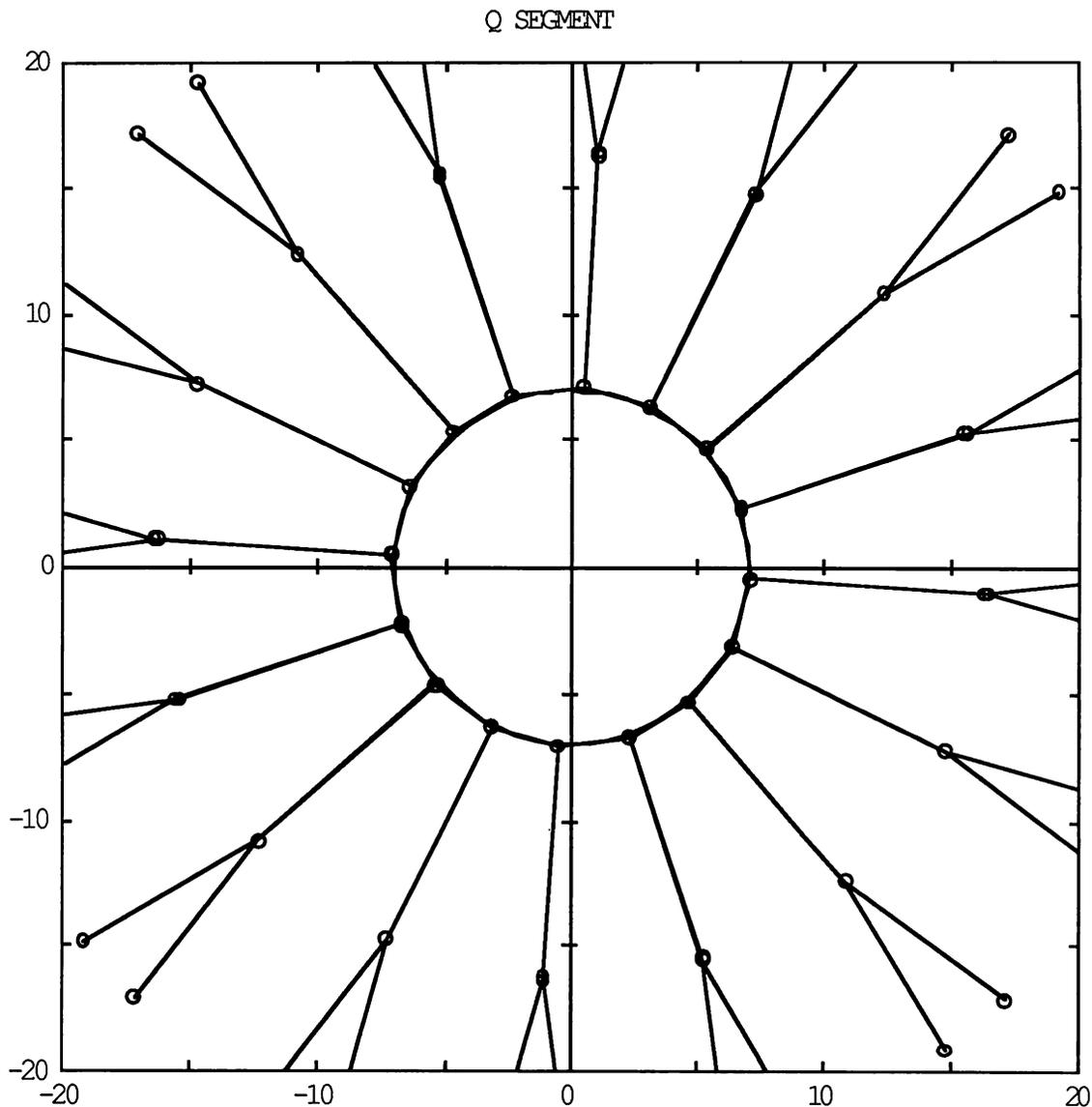
A) 測定寸法を基礎にした整列

整列結果を下図に示す。



これより、図の下右側の平均隙間は、 $278\mu\text{m}$ と計算された。この結果は推定値 $284\mu\text{m}$ とよい一致を示し、隙間測定値ともほぼ一致している。

B) 90度おきの4個の磁石片の台形部上片の寸法を変えて、隙間をゼロに近くする計算結果を下図に示す。



変更した磁石片の整列番号 4、8、12、16

変更寸法 $D=E=1.780 \pm 0.005$

901121 6個発注した

910109 6個が到着したので早速並べ替えてみると、目視では、隙間がわからなくなった。

製作コストは現在は住金より高いが、下げられるという。

又、ネオマクスの加工は、辺が多少欠ける事があり、脆いとの感触のようだが、経験を積み、改良すれば行くだろうとの報告を受けている。

永久4極磁石の組立プログラムをBASICにて書いたもので、ここにその概略を述べる。

1) プログラムの内容

1 : 磁石片データの読み込み RDARA

入力データは次の7項目を16個の磁石片について入力する。

A = height 17

B = lower width 6.4

D = upper left width 1.8

E = upper right width 1.8

F = upper center width 2.8

AL = left angle in deg 11.25

BE = right angle in deg 11.25

2 : 初期位置の設定 (16個) TRANS1

半径Rの円に上辺の中心を外接させる。角度は 270°

R = 7 : sourceにて変える

3 : SEG-1をわずかに回転させる。ROT

4 : SEG-2,3,4,5,6,7を円に外接、互いに斜辺が接するの条件で並べる。

NER,STACK A1

5 : SEG-9をSEG-1より π だけ大きく回転させる。ROT

6 : SEG-10-15を円に外接、互いに斜辺が接するの条件で並べる。NER

STACK A2

7 : SEG-8,SEG-16相当部分の中心角を計算する。ANG12

8 : 2つの角度が等しくなるようにSTACK 2を回転させる。ROTA2

9 : 2つの角度の角度の再チェックを行なう。GCHECK

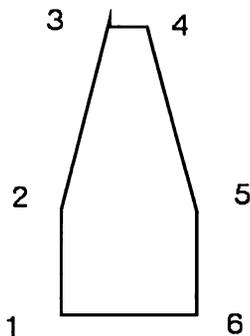
10 : SEG-8,SEG-16を回転して、ギャップの中心へ置く。ROT816

11 : この状態で、SEG7-8,SEG8-9,SEG15-16,SEG16-1の4つのギャップを計算する。GAPINI

12 : SEG-8,SEG-16を隣と接触するまで挿入する。CALINS

13 : 挿入長さの実験値を入れて、12の状態からSEG-8,SEG-16を引き抜く。MEASURE

14 : 隣り合うギャップの長さを計算する。FINGAP



計算に使用した測定データを以下に記す。

JO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

MAT READ A

DATA 17.001,17.002, 17.000,17.000,17.000,17.000,17.001,17.002,17.000,17.001,17.001,17.000,17.000,17.002,17.001,17.00

MAT READ B

DATA 6.396, 6.397, 6.397, 6.397, 6.397, 6.395, 6.397, 6.397, 6.397, 6.397, 6.397, 6.396, 6.396, 6.396, 6.397

MAT READ D

DATA 1.814, 1.815, 1.816, 1.814, 1.816, 1.816, 1.814, 1.815, 1.812, 1.814, 1.814, 1.816, 1.816, 1.814, 1.814, 1.816

MAT READ E

DATA 1.813, 1.815, 1.815, 1.814, 1.812, 1.814, 1.813, 1.812, 1.814, 1.814, 1.813, 1.814, 1.813, 1.814, 1.814, 1.815

MAT READ F

DATA 2.769, 2.768, 2.767, 2.769, 2.769, 2.765, 2.770, 2.770, 2.770, 2.769, 2.770, 2.766, 2.767, 2.767, 2.768, 2.766

MAT READ AL

DATA 11.25, 11.25, 11.25, 11.25, 11.26, 11.26, 11.25, 11.26, 11.25, 11.25, 11.25, 11.25, 11.25, 11.25, 11.25, 11.25

MAT READ BE

DATA 11.25, 11.25, 11.25, 11.25, 11.25, 11.26, 11.25, 11.24, 11.25, 11.25, 11.26, 11.25, 11.24, 11.25, 11.26, 11.25

以上901122

