

DT の固有振動について

2003. 7. 31 T. Kato

J-PARC DTL は当初 25Hz 運転であるが、将来 50Hz 運転が予定されている。DTL の収束磁石はパルス励磁なので、ドリフトチューブ (DT) の固有振動数が励磁周波数と一致することは望ましくない。DTQ の励磁による振動測定、及び DTL 空洞運搬試験の時の共振測定等が行われているので、その結果をふまえて考察する。結論としては、DT の横共振周波数は 48 Hz から 29Hz なので、問題はないと予想される。

1. DT の共振周波数

これまでに数回の測定が行われている。混乱を避けるために測定データをまとめてみる。

1) 最上流部の DTQ 励磁テスト：2001 年 9 月

この測定結果の振動解析により 51.9Hz が得られた。このテストの実施以後において、DT ステムの固定法の改良が行われた。改修後に行われた DTQ 振動テスト (2003 年 2 月) では 48.0 Hz が得られた。その新しいステム固定法を使って、次項のタンク運搬テストが行われた。

2) タンク運搬テストの時の最上流部 DT の振動解析：2003 年 3 月

47 Hz が得られている。この DT は実機と同じ物が使用されている。

3) タンク運搬テストの時の最下流部 DT の振動解析：2003 年 3 月

22Hz が得られた。しかしながら、この実験に使用したのはダミー DT であり、ステム部分を含めた構造が実機とは異なっているので、データとしては使用できない。

4) 最下流部 DTQ の励磁テスト：2003 年 7 月

29 Hz が得られた。この時には、磁石励磁繰り返し周波数を DT の共振周波数に一致させて励磁するテストも行われた。

以上の測定結果をまとめると、J-PARC DT の横共振周波数は 48Hz から 29 Hz の間に分布しており、25Hz あるいは 50Hz の DTQ 励磁周波数とクロスする事はない。Q による幅は 2Hz 程度である。(DTQ パルス励磁テストは、ドリフトチューブを試験空洞内にステムで固定した状態で行われた)

2. 計算による DT 機械的共振周波数

ドリフトチューブ部分は構造が複雑であり、又、手元に DT の重量データがないので、いくつかのパラメータを使って、前項の測定データに計算結果をあわせる事にする。ここでは、磁石長さ、DT 長さ、及びその他の形状パラメータから DT の重量を算出した。図 1 (横振動)、図 2 (縦振動、ねじれ振動) に計算結果を示す。これらの結果は、パラメータに依存している事に注意するが、実物の測定結果が、好ましくない周波数はずれているので、これ以上の精密化は必要ないとする。なお、本計算に使用した DT の共振周波数の表式は、参考文献 1 を使用した。

3. 振動対策について

一時期、50 Hz をクロスする測定結果が得られた。その時考慮した以下の振動対策を参考までに記載する。

1. 共振の一致の程度をまず考える。共振の幅に重なっていれば、だめであるというものではないので。
2. 加速器運転周波数を少々動かせるかどうか検討する。共振周波数の段差を狙う。
3. DT の機械共振周波数を動かす。
DT 内部で行う方法と DT の外側で行う方法がある。
4. その他

DT 改造の方法では、第一に安価な方法を考える。以下の方法では、熱、rf 周波数、加速電場等へ与える影響はあまり大きくはないと予想する。DT の外側に質量を付加する。例えばステムと反対側に重りを溶接する。直径 2 cm 、長さ 2cm の銅円柱をつけるとすれば、

$$\Delta f_{\text{t}} \sim -0.24 \text{ Hz}, \Delta f_{\text{rf}} \sim 160 \text{ kHz},$$

長さを 4cm にすれば、 $\Delta f_{\text{t}} \sim -0.48 \text{ Hz}$ 、 $\Delta f_{\text{rf}} \sim 190 \text{ kHz}$ 程度であろう。

参考文献 1. 神谷幸秀、”drift tube の振動について”，1989 年 private communication.

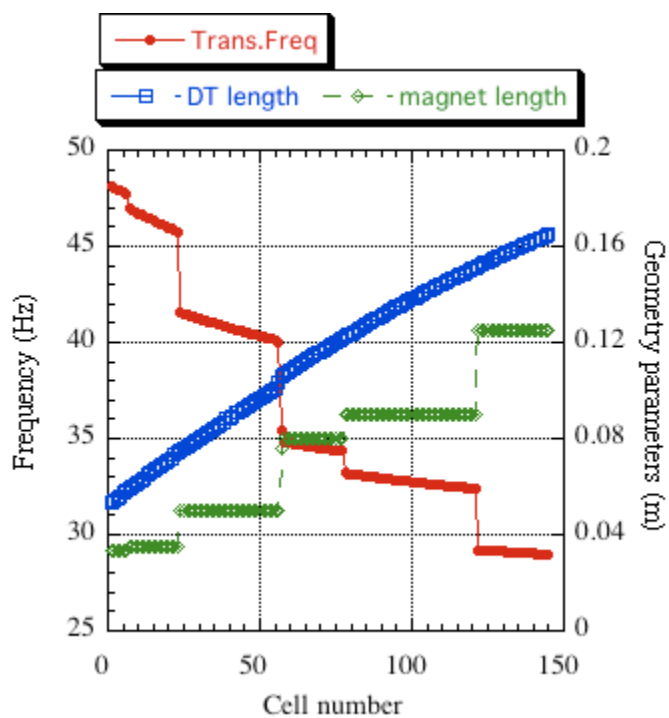


図1 横振動数計算結果、DT長さ、Q長さ。

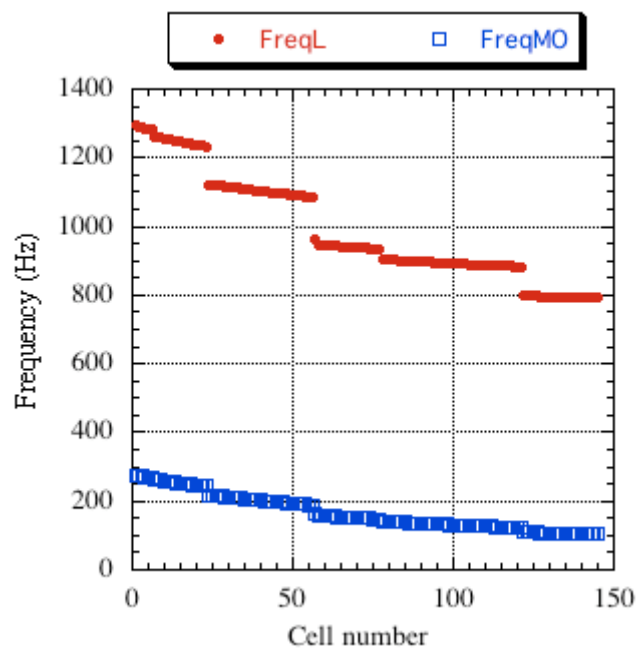


図2 縦振動数、ねじれ振動数計算結果。