

RF properties of SDTL cavities of J-PARC linac

Hirokazu Tanaka^{1A)}, Hiroyuki Asano^{B)}, Takashi Ito^{B)}, Fujio Naito^{A)}, Eiichi Takasaki^{A)}, Takao Kato^{A)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

^{B)} Japan Atomic Energy Research Institute

2-4, Shirakata-Shirane, Tokai, Naka, Ibaraki, 319-1195

Abstract

The Separated type Drift Tube Linac (SDTL)^[1] is adopted for 50MeV-181MeV part of the high intensity proton linac for Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC). It consists of RF-independent 32 tanks and the operating frequency of the tanks is 324MHz. All SDTL tanks have been constructed. Low power RF properties of each SDTL tank are being measured and the field distribution on the beam axis of the tanks is also being tuned. At the moment approximately half of them were tuned.

J-PARC リニアックのSDTL加速空洞の高周波特性試験

1. 概要

高エネルギー加速器研究機構(KEK)と日本原子力研究所が共同で進めている大強度陽子加速器計画(J-PARC)では、50MeVから181MeVまでのH⁺イオンの加速に、機能分離型ドリフトチューブリニアック(Separated type Drift Tube Linac : 以下SDTL)が用いられる。

SDTLは、32台あり、うち12台の高周波特性の測定が終了している。今回は、そのうち既発表のSDTL-1^[2]および3^[3]を除く10台(途中経過発表済みのSDTL-32^[4]を含む)について測定結果を報告する。

2. はじめに

J-PARC リニアックの前半部は、図1に示すように、イオン源、3MeVまでの加速に用いられるRFQと、3MeV~50MeVまでの加速に用いられる3台のDTL、および50~181MeVの加速に用いられる32台のSDTLとそれらをつなぐビームトランスポートからなる。



SDTLは、アルバレ型リニアック(DTL)の加速構造と収束機能を分離したもので、二台一組の収束用四重極電磁石が加速空洞の外部に置かれる。そのため、DTLに比較し、空洞が短くなり、高エネルギーまで加速するために多数の空洞で構成される。SDTLに関しては参考文献[1]に詳しい。J-PARC リニアックでは32台のSDTL空洞を使用し、現在、そのすべてが、組み立てを完了している。

すべての空洞は、組み立て完了後に、低電力高周波試験を行い、共振周波数および加速電場分布の最適化のために、2台の固定チューナーの挿入量と1台

の可動チューナーの基準点の決定を行う。その後、決定された挿入量に従い固定チューナーを加工し、装着後に再度、確認のための測定をおこなう。現在、チューナー挿入量が決定した空洞は26台あり、確認測定まで終了した空洞が12台である。

低電力高周波試験は、bead-pull perturbation法^[5]による加速電場分布測定とネットワークアナライザによる共振周波数、Q値などの測定を行っている。

3. SDTLの構造

J-PARC用SDTLの構造は、参考文献[3]の「3. SDTL空洞の構造」の章に詳しく書かれている。ただし、径方向の寸法や運転周波数は同一であるが、入射エネルギーおよび平均電場強度が空洞ごとに異なるため空洞長、投入電力などのパラメータは空洞ごとに異なる。

4. 測定および調整

4.1 測定および調整の方法

周波数をネットワークアナライザで測定し、各種補正計算を行い、運転中の周波数が324MHzになるように調整した。また、同時に、電場分布を測定し、出来る限り均一な平均電場が実現するように調整をした。調整は、二本の固定チューナーを調整用のチューナーに置き換え、それに、可動チューナーを加えた3本のチューナーの挿入量を変化させる事によって行われた。

3.2 調整結果

調整結果を、図2に凡例をしめし、空洞ごとの結

¹ E-mail: hirokazu.tanaka@kek.jp

果を図3~12に示す。また、挿入量と調整後の周波数、 Q_0 の値を表1に示す。

なお、可動チューナー最大挿入および最小挿入は電場分布の全幅がほぼ±1%以内のばらつきとなるという制限の下での周波数が最大となる挿入量と最小となる挿入量である。

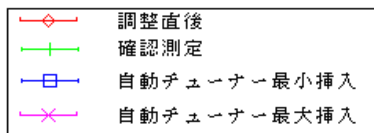


図2 凡例

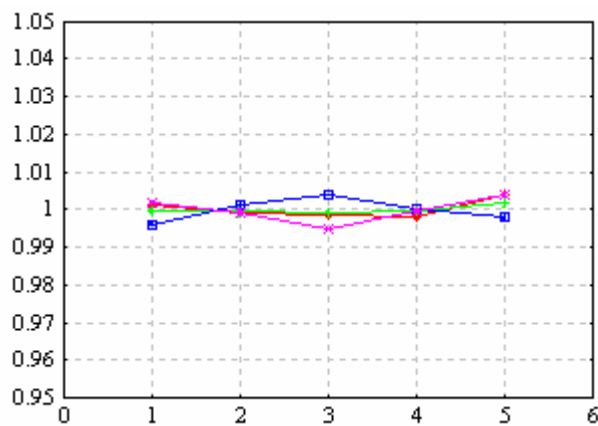


図6 SDTL-6

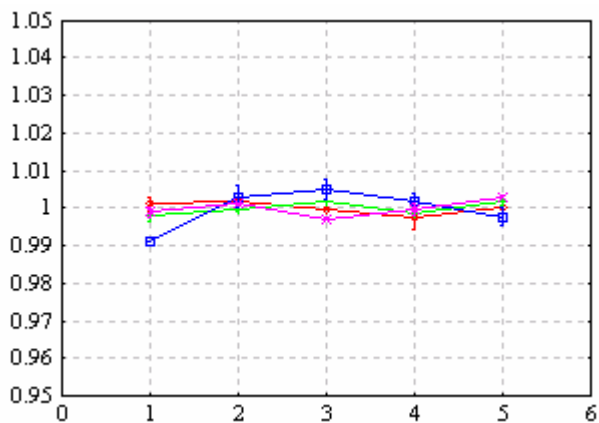


図3 SDTL-2

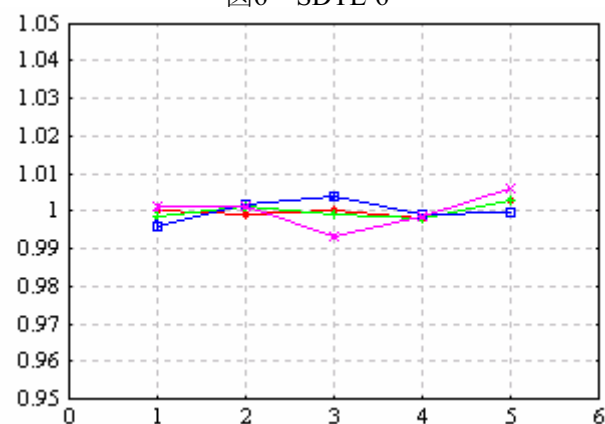


図7 SDTL-7

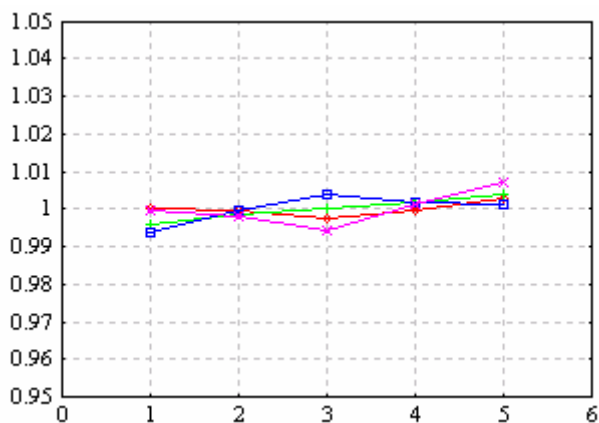


図4 SDTL-4

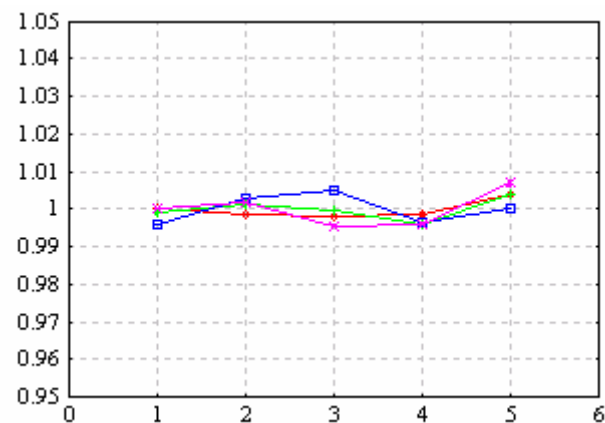


図8 SDTL-8

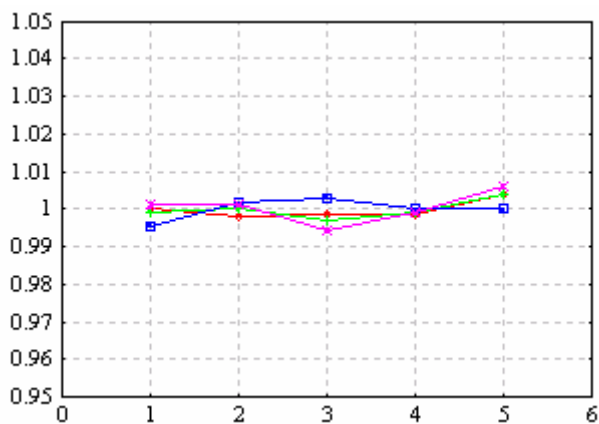


図5 SDTL-5

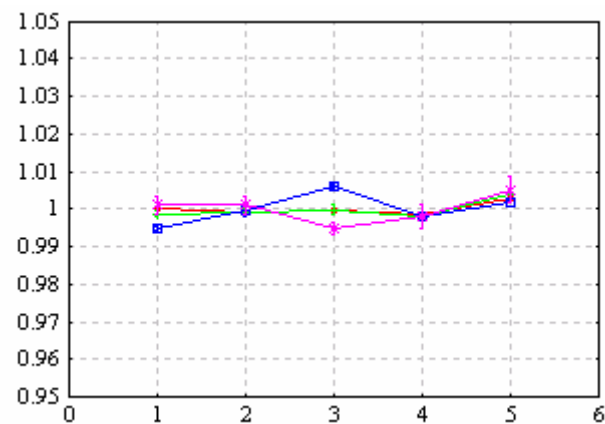


図9 SDTL-9

SDTL	FT1	AT	FT2	f実測	f補正後	f(最小挿入) 実測	F(最大挿入) 実測	Q ₀ 実測値	Q ₀ 計算値	Q ₀ 実測/ 計算
2	35	59	55	323.917	324.001	323.734	324.007	40700	42480	95.8
4	51	45	52	323.926	324.002	323.801	324.055	41200	42440	97.1
5	40	70	66	323.939	324.004	323.746	323.987	41200	42410	97.1
6	46	55	66	323.938	324.008	323.780	324.008	41800	42370	98.7
7	41	48	70	323.925	323.999	323.804	324.014	41000	42320	96.9
8	34	60	84	323.935	324.011	323.786	323.992	39400	42270	93.2
9	57	46	71	323.933	324.001	323.929	324.229	40700	42210	96.4
13	46	59	44	323.928	323.990	323.830	324.046	41200	41810	98.5
16	57	67	31	323.941	323.999	323.915	324.069	40200	41870	96.5
32	52	59	39	323.933	324.001	323.931	323.975	41000	40570	101.1
単位	mm	mm	mm	MHz	MHz	MHz	MHz			%

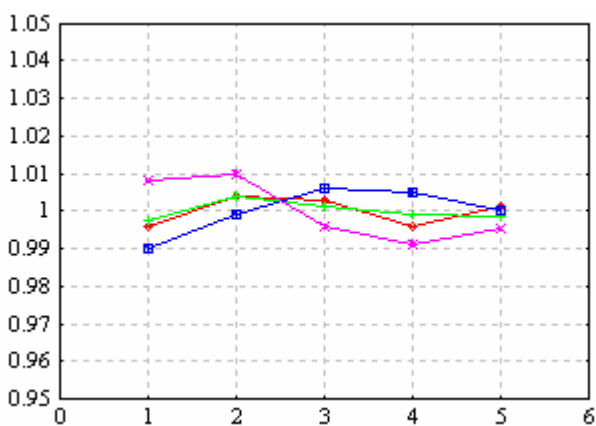


図10 SDTL-13

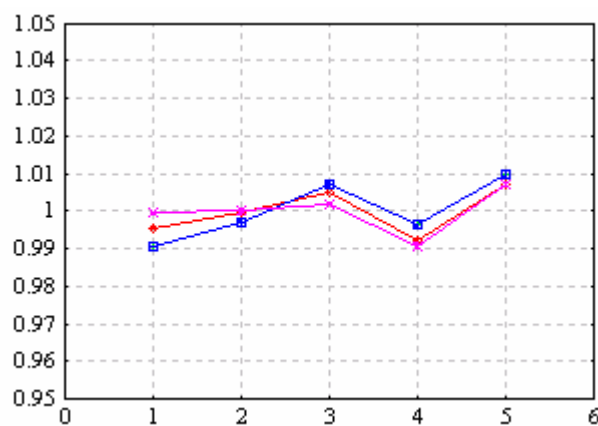


図12 SDTL-32

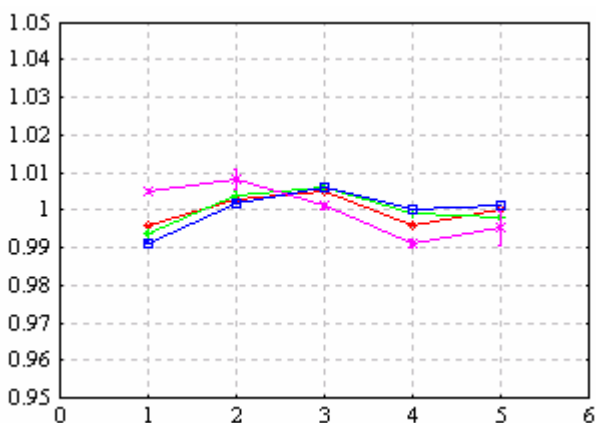


図11 SDTL-16

5. 結果

測定したすべての空洞において、目標周波数の近傍で、加速電場分布のばらつきが1%以内という良好な電場分布を得ることができた。

また、運転状況の変化や補正誤差を吸収する可動チューナーによる周波数調整範囲も十分確保できた。

さらに、すべての空洞で計算値の93%以上という高いQ値を持つことが確認された。

参考文献

- [1] T. Kato, "Proposal of a Separated-type Proton Drift Tube Linac for a Medium-Energy Structure", KEK Report 92-10 (1992).
- [2] F.Naito, et al., "High-Power Test of The SDTL for The JAERI/KEK Joint Project" Proceedings of the LINAC'02, Gyeongju, Korea, Aug. 19-23, 2002, URL: <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/102/PAPERS/TU447.PDF>
- [3] 内藤富士雄 他, "J-PARC用SDTLの大電力試験", Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Ibaraki, Japan, 2003 July 30-Aug. 1, URL: <http://lam28.tokai.jaeri.go.jp/proceedings/TP-2.pdf>.
- [4] T.Ito, et al., "RF measurement of SDTL cavity" Proceedings of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, Japan, Aug. 4-6, 2004, URL: <http://lam29.lebra.nihon-u.ac.jp/WebPublish/4P52.pdf>
- [5] S.Okumura and A.Swenson, "Bead perturbation measurement for the KEK linac cavity", KEK report, KEK-74-15(1975)