

## DTL/SDTL INSTALLATION AND ALIGNMENT OF J-PARC LINAC

Takatoshi Morishita<sup>1,A)</sup>, Hiroyuki Asano<sup>A)</sup>, Takashi Ito<sup>A)</sup>,  
Masanori Ikegami<sup>B)</sup>, Eiichi Takasaki<sup>B)</sup>, Hirokazu Tanaka<sup>B)</sup>, Fujio Naito<sup>B)</sup>, Kazuo Yoshino<sup>B)</sup>  
<sup>A)</sup> Japan Atomic Energy Agency  
 2-4 Shirakata-shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1195  
<sup>B)</sup> High Energy Accelerator Research Organization  
 1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0801

### Abstract

In the J-PARC Linac, the DTL and the SDTL have been installed. A precise alignment of accelerator components is essential for high quality beam acceleration. The DTL/SDTL and the focusing magnets are aligned precisely enough for the beam operation at the installation. The DTL/SDTL alignment accuracy was confirmed by a laser tracker to satisfy our requirements. The floor level of the accelerator tunnel has been measured periodically. A long term motion of the accelerator tunnel is quantitatively evaluated since Feb. 2005.

## J-PARCリニアックにおけるDTL/SDTLのアライメント

### 1. はじめに

J-PARCリニアックはイオン源、RFQ、DTL/SDTL、ACSからなるおよそ300mの直線部と、6台の偏向電磁石からなる第一アーク、およそ65mのコリメータセクション、3 GeV-RCS入射マッチングセクションからなる。DTLおよびSDTLは直線部上流側のおよそ120m区間に設置された。DTLは長さおよそ10mの空洞三つからなる。それぞれ三つのユニットタンクが連結された構造となっており、ドリフトチューブには収束電磁石が内蔵されている。SDTLは30空洞からなり、空洞と空洞の間に収束電磁石がおかれている。

DTL/SDTLにおいては、機器の設置時から精密にアライメントを行った。アライメント目標精度は、DTL空洞およびSDTL区間の収束電磁石は横方向 $\pm 0.1\text{mm}$ 、SDTL空洞は $\pm 0.3\text{mm}$ である[1]。加速空洞および電磁石の各機器中心(ビーム位置)に光学アライメントターゲットを取り付け、アライメントテレスコープにより精密にアライメントを行った。インストール後の機器の整列位置確認や再アライメントは、空洞および電磁石に取り付けられている基準座の位置を計測して行われる。DTL/SDTL設置と同期してレーザートラッカー(ライカ社製LT600)による基準座位置測定を行い、機器の直線性を確認している。レーザートラッカーによる測定結果を中心に、DTL/SDTL設置成果を報告する。

リニアック全域にわたって、加速器トンネルにはレベルピンがおよそ25m間隔で設置されている。デジタルレベル(ライカ社製DNA03および専用バーコードスタッフ)を使用して加速器トンネルレベル変動を継続的に計測している。本発表では、2006年2月からの加速器トンネルレベル変動結果を報告する。

### 2. DTL/SDTLアライメント

DTLは一台の空洞を構成する三つのユニットタンクを個別に整列した後に連結した。各ユニットタンク端面に光学ターゲットが取り付けられたテンプレートを取り付け、アライメントテレスコープ光軸をビーム軸に設定し、タンク中心を直線に調整した[2,3]。テンプレートには空洞基準座位置(ビーム軸より水平方向460mm通路側、215mm上側)にも光学ターゲットが取り付けられる構造となっており、ユニットタンク整列と同期して、基準座を取り付けた(図1)。

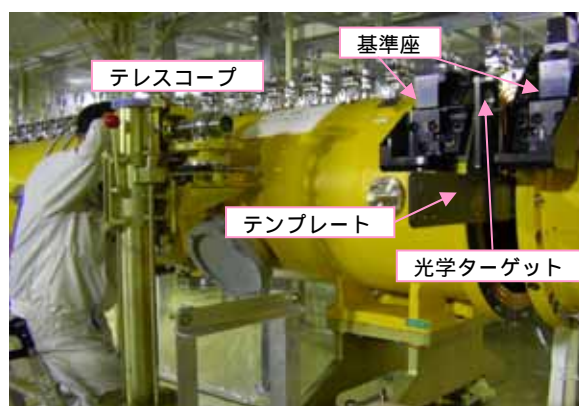


図1 基準座取り付け

基準座は基準ピン穴と水準面からなり、各ユニットタンクの上流端および下流端フランジ外側に取り付けられている。基準ピン穴に取り付けられたアライメントターゲットの3次元位置と水準面の傾きからタンク中心の位置情報が得られる。基準ピン穴には

<sup>1</sup> E-mail: takatoshi.morishita@j-parc.jp

位置再現性の高いアタッチメント（ヒライ社製ハイタッチセット）により、光学ターゲットやレーザートラッカー用リフレクター等を高い位置精度（30  $\mu$ m以下）で取り付けることが可能である。

各ユニットタンクは支持架台に取り付けられたレールにより、ビーム軸方向にスライドさせて連結する。レールはあらかじめビーム軸と平行にスライドするよう調整してあるが、ユニットタンク連結の際の応力により、つなぎ目でズレ、折れ曲がりが起こる可能性がある。そこで、レーザートラッカーを用いて連結前後の基準座相対位置を測定し、連結によるズレを評価した。その結果、タンク連結によって0.1mm以上のズレが見られたが、数度の再試行で0.06mm以下まで改善された。図2に各DTLにおけるユニットタンク連結前後の変位を示す。xは水平横方向、yは垂直方向を示す。

連結固定作業中にレーザートラッカーにより基準座位置をモニタリングしたところ、タンク連結のためのフランジボルト締め付けの途中でズレが生じていることから、再試行によって真空シール用O-リン

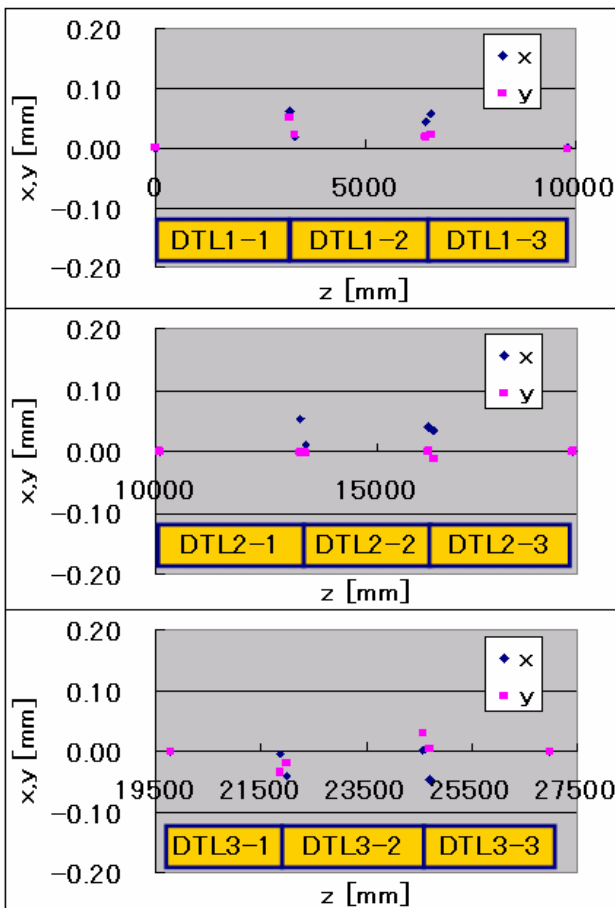


図2 DTLユニットタンク連結前後の基準座相対位置変異

グのなじみにより、改善されたものと考えられる。

SDTL区間もDTLと同様に、ビーム軸位置に光学ターゲットを取り付け、タンク中心をアライメントテレスコープにより精密に整列した。SDTL空洞にもDTLと同様の位置に基準座が取り付けられている。空洞間に配置されている収束電磁石はビーム軸真上に基準座を有する。アライメントテレスコープによるビーム軸位置でのアライメント後、基準座の直線性をレーザートラッカーにより測定し、収束電磁石、空洞とも目標値の範囲内であることを確認した。図3に測定結果の一部を示す。

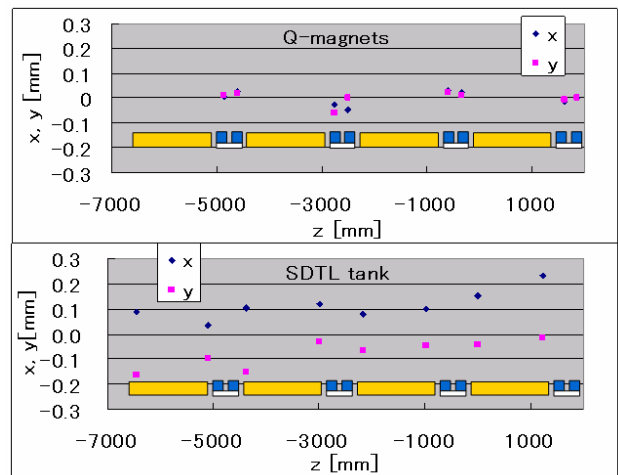


図3 SDTL区間電磁石、空洞基準座直線性

### 3. 加速器トンネルレベル変動

加速器トンネルの長期変動は、再アライメントの必要性やビーム加速パラメータの調整等の評価のために定量的に把握する必要がある。リニアック全域にわたりおよそ25m間隔で配置されている22点のレベルピン（図4）のレベル変動を建家完成時より定期的に監視している。図5にL01を基準とした、各レベルピンの2005年2月からの変動を示す。2005年2月よりおよそ半年間は、第一アークから入射点に向かっておよそ5mmの沈降が見られた。その後わずかな沈降傾向が継続しているものの、2006年7月まで

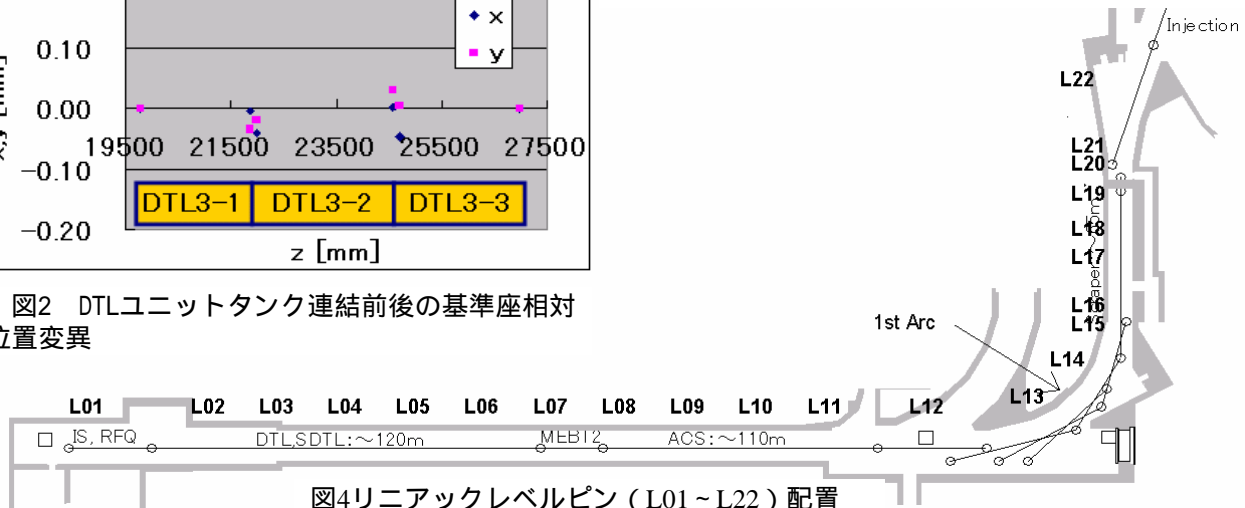


図4リニアックレベルピン（L01～L22）配置

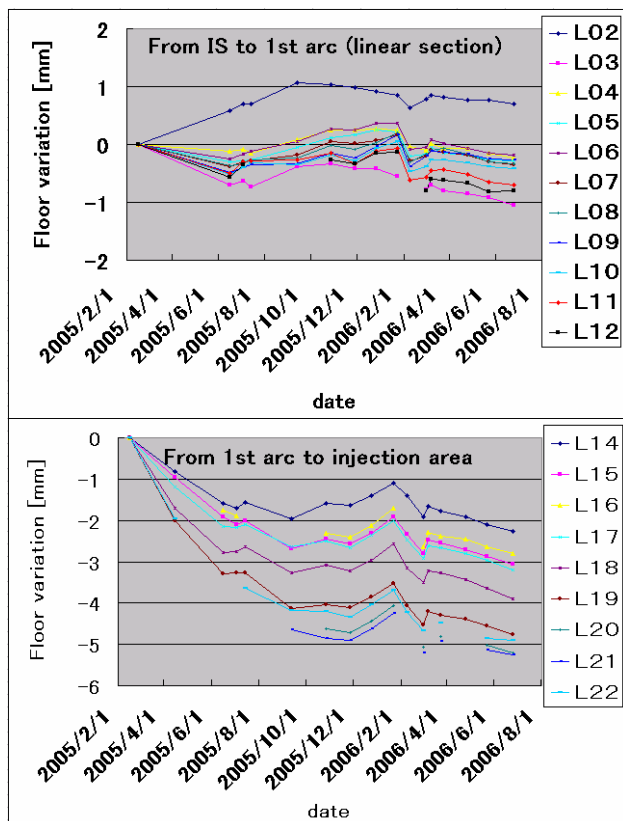


図5 加速器トンネルレベル変動。縦軸はL01を基準とした、2005年2月からの変動量、横軸は測定時期。

の変動幅は±1mm程度であり、大きな変動は見られない。第一アーク出口および入射点より40m上流側には建家の継ぎ目（エキスパンションジョイント）があり、そこでのズレを検知するためにレベルピンが密に配置されている（L15とL16、およびL20とL21）。建家完成後、エキスパンションジョイントでのズレや折れ曲がりはおこっていない。

DTL/SDTL区間の高さの変動をより詳細に評価するため、ベースプレートにおよそ10m間隔でレベルピンを設置し、DTL設置開始時より2週間に一回の間隔でレベル変動を測定した（図6）。

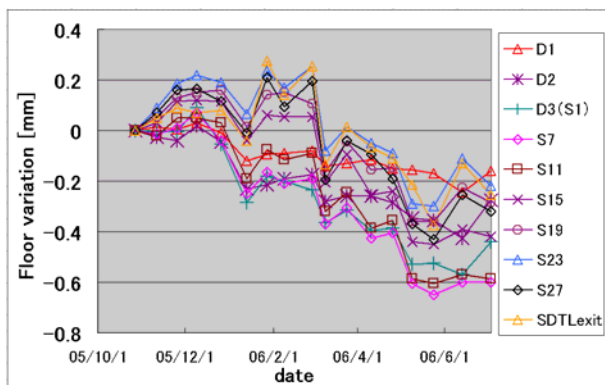


図6 ベースプレートレベル変動。縦軸は2005年10月からの変動量、横軸は測定時期。

DTL上流側RFQベースプレートレベルピンを基準とすると、SDTL下流部に向かって0.3mm程度の沈降とともにSDTL 7～SDTL11で0.6mm程度のくぼみが見られていたが、急激な段差が発生するような変動は見られず全体的に滑らかな変動となっている。図7に設置完了から2ヶ月後（2006年5月1日）のSDTL区間収束電磁石基準座の計画高さからの差を示す。

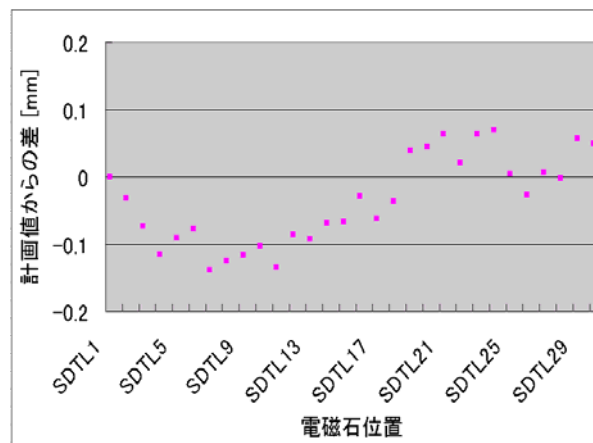


図7 設置終了から2ヶ月後SDTL区間収束電磁石高さの計画値からの差。最上流電磁石を基準とした。

ベースプレート変動傾向と同様に、SDTL上流部で0.1mmを上回るくぼみが見られるが、全体として滑らかにつながっていることから、現時点では電磁石高さ再調整は必要ないと考えている。

#### 4. 精密アライメント

リニアック全域の電磁石インストールの完了を受け、2006年7月よりリニアック全域にわたる精密測量を開始した。測量網を形成するため、加速器トンネル壁面に基準点をおよそ5m間隔で設置している。本測量の結果を受け、ビーム加速に向けて空洞、電磁石の最終位置調整を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] M. Ikegami, C. Kubota, F. Naito, E. Takasaki, H. Tanaka, K. Yoshino, H. Ao, T. Ito, K. Hasegawa, T. Morishita, N. Nakamura, A. Ueno, Proc. of LINAC2004., August 2004, p474.
- [2] T. Morishita, H. Ao, T. Ito, A. Ueno, K. Hasegawa, M. Ikegami, C. Kubota, E. Takasaki, H. Tanaka, F. Naito, K. Yoshino, "J-PARCリニアックにおけるアライメント" Proceedings of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 30th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tosu, July20-22, 2005.
- [3] T. Morishita, H. Ao, T. Ito, A. Ueno, K. Hasegawa, M. Ikegami, C. Kubota, F. Naito, E. Takasaki, H. Tanaka, K. Yoshino, Proc. of PAC05, Knoxville, May 16-20, 2005, p2851.