

21-P25

Wire Alignment System for ATF LINAC

H. Hayano, S. Takeda, H. Matsumoto and T. Matsui*

National Laboratory for High Energy Physics

Oho 1-1, Tsukuba, Ibaraki 305 Japan

* ATC company

Namiki-cho 36-7, Hachioji, Tokyo 193 Japan

Abstract

A wire based alignment system is adopted to make less than $40\mu\text{m}$ precision alignment for injector linac of Accelerator Test Facility (ATF). The system consists of two stretched SUS wires, pickup coils and active mover stages. The position of pickup coils in a mount which will be installed into LINAC stages is set to the calculated wire position prior to installation. All of LINAC stages are then moved to keep the calculated position by the active mover. The test results of wire position detection in a long term are described.

ATF LINACのワイヤーアライメントシステム

1. はじめに

リニアコライダのための試験加速器(ATF)の1.5GeVリニアックでは約9.1mにわたって加速管およびQマグネットの初期アライメントおよびその継続的維持のために、ワイヤーアライメントシステムを開発中である。本システムの開発は現リニアックのアライメント維持のためだけでなく、さらに将来のリニアコライダーメインリニアックのアライメント維持システムの基礎的データを供給するものである。現在、ATFリニアックは建設途中であり、全長にわたるアライメント作業は1年後になる予定であるので、本稿ではシステムテストのため約30mの長さに渡って張られたワイヤーを用いたテスト結果について報告する。

2. アライメントの方針とその維持

ATFリニアックに要求されているアライメント精度は $40\mu\text{m}$ であるが、そのための基本方針は機械加工精度で平面度の出された押し当て用エッジのついた上部架台の上に、架台とは独立に下部端面と押し当て端面とから精度よくビームセンターが出された加速管やQマグネット、ビーム位置モニターなどのリニアックコンポーネントを押し当て方式で固定し、コンポーネント相互のアライメントは架台内では架台とコンポーネントの加工精度でまた架台間では架台どうしのアライメントで行うものである。したがって架台上面の機械加工面およびコンポーネント支持架台下面の機械加工面は傷などによる盛り上がりがあると精度を失うので加工面の保護には注意を払わなければならない。架台間のアライメントは架台の両脇に張られた2本のワイヤーにそれぞれの架台の位置をアクティブムーバーで合わせる事で行う。ワイヤー位置の検出は差動コイルのゼロ点基準で行い、そのゼロ点はあらかじめ別の標準架台上でワイヤーのサグの計算から出てくるその架台の理想的な位置に合わせられている。差動コイルのゼロ点はコイルの幾何学的配置で決まり、検出回路の影響を受けにくいのでこのような異なる回

路を使用してのプリセットが可能であり、また長期的ランニングの後のように回路の状態が推移していても基準点がずれにくい。このようにして得られたアライメントを維持する必要があるが、現在のところ常時フィードバックをかけて自動アライメントするかどうかは保留中である。架台の長期的変動の動向をよく確かめてからフィードバックをかけるかどうかを決定する予定である。

3. ワイヤー及びワイヤー位置検出器

ATFリニアックの架台間のアライメントのためのワイヤーは、イオンポンプなどの磁場の影響を避けるため非磁性である必要があり、空気対流の影響がなくかつ出来るだけ小さなサグとなるように弾性限度内で出来るだけ大きな張力用加重をかけられる必要があり、また十分な検出感度のため細い線である必要があるため、これらを

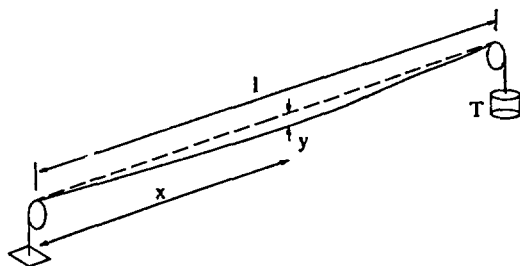


図1 ワイヤーの張り方

考慮に入れた上直径0.6mmのステンレススチール線を用いる事にした。ATFリニアックでは26台の架台を全長約9.1mにわたって直線状に並べる必要があるので、両端滑車支持で片端固定および片端3.5kgの張力用加重をかけると図1に模式的に示す様に中央で約6.1mmのサグでたわむことになる。本方式のアライメントはこのようにして張られたワイヤーが以下の式に要求精度以下の誤差で張られている事を仮定している。(この仮定は今後の実験で検証される予定である。)

$$y = \frac{T}{\rho} \left[\cosh \frac{\rho l}{2T} - \cosh \left\{ \frac{\rho}{T} \left(\frac{l}{2} - x \right) \right\} \right]$$

ここで l は 2 支持点間の距離、 x は支持点片側からの距離、 ρ はワイヤーの密度、 T は張力用加重である。この式より各架台上的ワイヤー位置検出器位置でのワイヤーのサグが計算され、ワイヤー位置検出器のゼロ点を予めこのサグと一致するようにセットしておく。各架台をワイヤーにアラインするためにはアクティブムーバーを用いワイヤー位置検出器のゼロ点をさがす事になる。

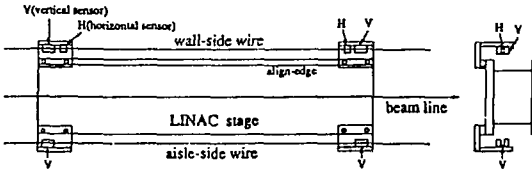


図2 ワイヤー位置検出器の設置位置

各架台には 2 つの水平位置検出用コイルと片側 2 つ (長尺の架台では 3 つ) 両側あわせて 4 つ (6 つ) の垂直位置検出用コイルが設置される (外觀を図 2 に示す)。これらによりワイヤーにより規定される架台水平面の規定とその面内の回転方向位置の規定が可能となる。その検出用コイルの外觀を図 3 に示す。ワイヤー位置検出方式は交流磁場内の誘導電流信号のロックインアンプによるシンクロナス検出である。交流磁場はワイヤーに 60 kHz、100 mApp の電流を流すことで発生させる。検

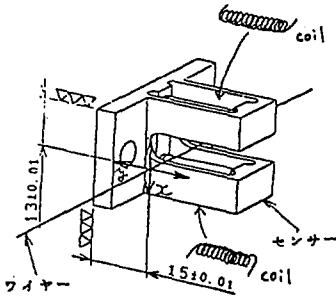


図3 ワイヤー位置検出用コイルの外觀

出器出力は ± 2.5 mm で ± 10 V となる。分解能は 2.5 μm 以下であり、± 2.5 mm の領域にわたっての検出精度は ± 30 μm 以下である。図 4 にワイヤー位置を変えた時の検出器出力のプロットを示す。5 個のセンサーに対して調べた結果 ± 30 μm 以下の精度で出力することがわかる。任意に 1 個センサーを取り出しワイヤー位置を繰り返しセットしたときの検出器出力のばらつきをみたのが図 5 である。これから繰り返し検出精度が ± 5 μm 以下であることがわかる。

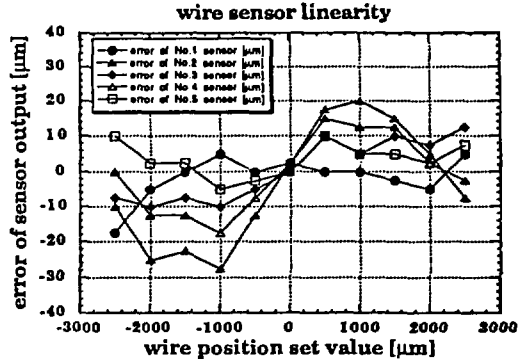


図4 ワイヤー位置検出の直線性

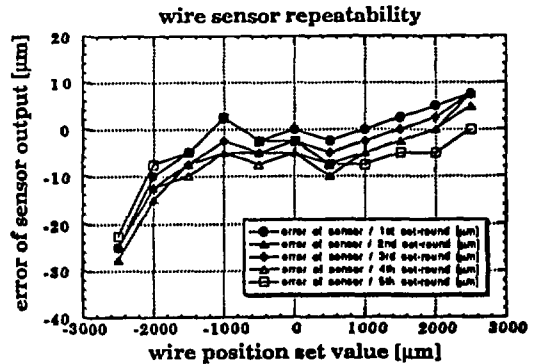


図5 ワイヤー位置検出の繰り返し再現性

4. アクティブムーバー

各架台には位置調整用のパルスモーター駆動ジャッキが水平移動用 2 基、垂直移動用 4 基 (長尺の架台では 6 基) 設置されている。ジャッキは加速管や Q マグネットなどの重量物を乗せても駆動できる様にするため楔型ブロックを使用したものである。このジャッキの駆動分解能は垂直方向に 0.033 μm/pulse、水平方向に 0.33 μm/pulse であり、検出器分解能以下で駆動できる。しかしながら垂直方向には約 2 μm の水平方向には約 20 μm のバックラッシュがあるが、ワイヤー位置検出器をたよりに片方向へのみの送りという駆動方式とすればこの欠点を十分カバーできるものと考えている。また長尺 (約 6 m) の架台では剛体のように駆動できないので架台中央部にさらに駆動ジャッキが必要であった。したがって各ジャッキには対応するワイヤー位置検出器がありこれによりジャッキ駆動をモニターできる様になっている。

5. ワイヤー位置検出の長期テスト

現在、ATFリニアックは建設途中であるので、今回はシステムテストのため約 30 m の長さに進んで張られ

たワイヤーを用いたワイヤー位置検出テスト結果について報告する。テストは、ATFリニアックのトンネル内において3.3kgの張力加重が加えられた直径0.6mmのステンレススチール線を7台の架台の両脇に2本はり、水平位置検出器14個と垂直位置検出器30個の長期ランニングをすることで行った。データ記録はCAMAC内のADC及びMacintosh computerを用いて30分に一度全検出器出力の記録とトンネル内温度の記録を継続的に行った。途中何度か建設工事のための中断やワイヤーに触れたり引っ掛けたり障害があったので継続的データ取得ができなかったがそれらの中からいくつかの事例を報告する。図6にはトンネル内温度と水平、垂直3個ずつの1週間にわたる変動を示した。ここに選んだセンサーはワイヤーの中央と両端に位置するものである。これによりと垂直方向の検出位置に10回程度20~40μm程度の大きなジャンプが見られるが、これは20トンの大型天井クレーンの通過によるものと考えられる。しかしながら変動量が比較的大きいセンサーもあるのでそれについて今後詳しく調べる予定である。室温との相関は垂直方向にわずかにみられるが、なぜ垂直方向だけなのかなども今後調べる予定である。図7には全検出器出力の1週間にわたる変動を示した。クレーン通過による影響は水平、垂直両方に表れており、それを含めた全変動量は±60μmにも達する。ここには示さなかったがクレーンの動いていない休日では全変動量は±10μm以内であったので、変動はクレーンからでありクレーンの架台に及ぼす影響を詳細に調べなければならない。ちなみにワイヤーに手を触れる程度ではワイヤーが振動するだけで数分後には再現よくもとの位置に戻ることは確認してある。

るワイヤー位置検出テストを行ってきたが、大型天井クレーン通過による架台沈下が観測された。また検出された変動がわずかな温度依存性をもつので今後それらの変動原因を詳細に探ると共に長期的に安定なシステムとなるように改造する予定である。

6. まとめ

リニアックのアライメントを張られたワイヤーを基準にして高分解能ワイヤー位置検出器を用いて行う方法を開発中である。現在までのところ約30mの長さにわた

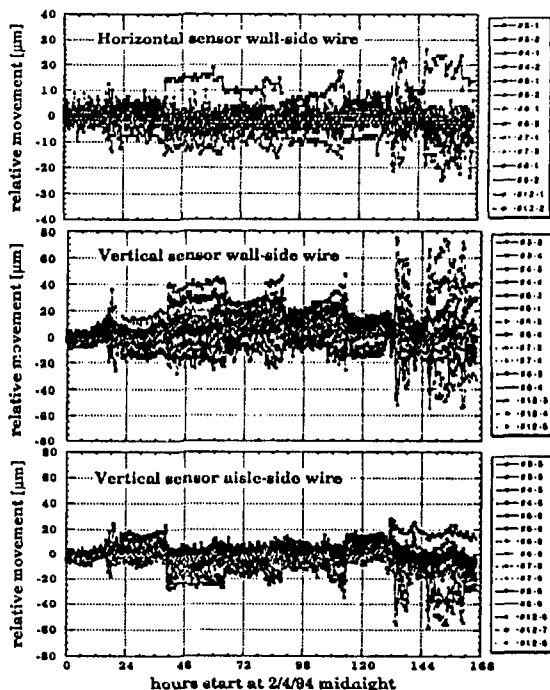


図7 全検出器の1週間変動

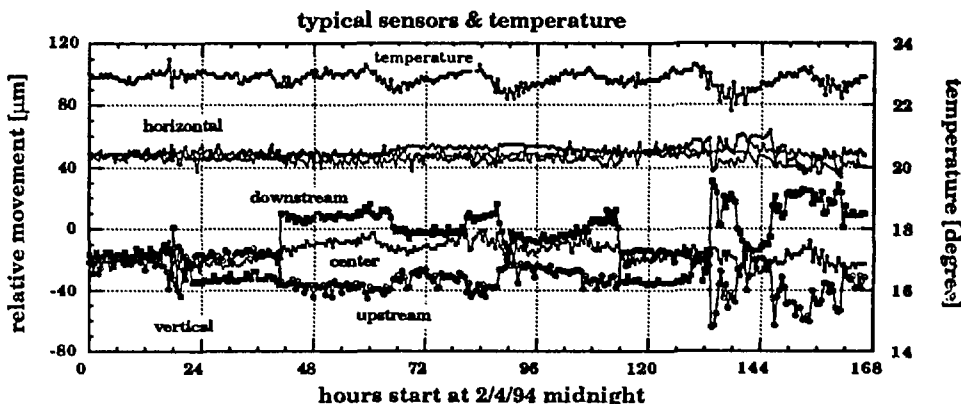


図6 トンネル内温度と代表的検出器の1週間変動