

21-P23

## POSITIONING PRECISION OF ACTIVE SUPPORT TABLES FOR MAGNETS

Yasunori Kanazawa

ATC Co.,Ltd.

36-7 Namiki, Hachioji, Tokyo, 193 Japan

## ABSTRACT

The next generation accelerators, such as linear colliders, require alignment precision of components at least two or three orders of magnitude better than that has been achieved by the conventional methods. The active supporting table is one of the important elements to control the magnet position of such accelerators. This paper presents the testing results of performance on the vertical positioning of an active supporting table. The table showed the positioning accuracy of five microns without feedback control.

## 電磁石用アクティブ架台の精度測定

## 1. はじめに

リニアコライダの様な次世代の加速器においては、超低エミッタンスビームを実現する為に、収束電磁石等のアライメントには従来の $100\mu\text{m}$ 程度より、はるかに高い精度が必要である。また、地盤などの変動や温度変化等で生じる電磁石等の相対的な位置を自動的に補正をする機能を持った架台が必要である。実際に、電磁石等の重量(1t余り)を想定して、自動で位置を保持する為には、メカニカルな部分がアクティブな動作に耐えられる、高い信頼性、また耐久性に優れてより高度な性能を持つアクティブ架台が必要とされてくる。このようなアクティブ架台に自動制御をする前段階の基本性能データとして、メカニカルな精度を試験してみた。本文では、今回使用した測定システムと位置制御の精度測定について報告する。

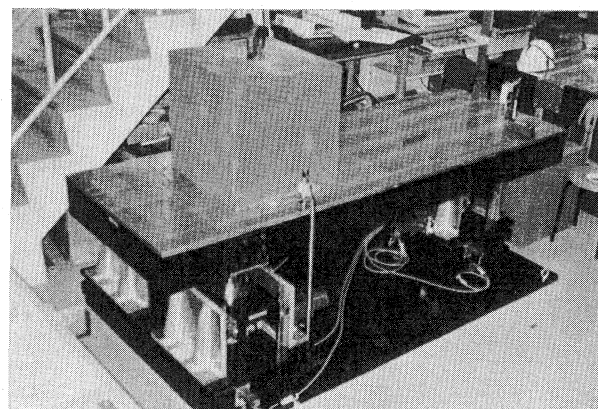


図1 アクティブ架台

2. アクティブ架台の構成<sup>[1]</sup>

アクティブ架台の全体図を図1に示す。このアクティブ架台は、基礎底板にムーバー3台が固定されている。ムーバー上部に取り付けられた金属球を定盤下面の球座で受ける。受け座はそれぞれ、Aムーバー部はポイント受け座、Bムーバー部はフラット受け座、Cムーバー部にはV溝受け座を使用している。(図2参照) 定盤の重量は約1.2tである。ムーバーは、ビーム方向(Z軸)、水平方向(X軸)、垂直方向(Y軸)の3軸を持っている。水平方向(X軸)の制御は、ボールネジにより、レールガイドに沿ってX軸テーブルを移動させることにより行う。ビーム方向(Z軸)については、押、引きネジを使い移動する。垂直方向(Y軸)は、ボールネジとウォームギヤ、ウォームホイールを用いたスクリュウジャッキーを使用している。各軸の駆動は、X軸とY軸はパルスモーターにより、また、Z軸は手動にて行う。このムーバーの垂直方向(Y軸)の移動量は、制御用コンピューターから1000パルス入力した時、約 $83\mu\text{m}$ (設計値)である。

## 3. 測定

アクティブ架台の制御においては、位置精度の再現性及び直線性が最も重要である。ここでは架台性能を確認する為に、定盤上の3点において、上下方向の変位を測定した。測定点を図2に示す。使用した測定器は、マグネスケール2台とデジタル変位計1台を用いた。3台とも分解能は $2\mu\text{m}$ また、最小読み取りは $1\mu\text{m}$ である。

表示部は、デジタル表示で計測値が確認できる。設置は、架台の基礎底板にマグネットベースで固定したφ20のステンレス棒に取り付けた。

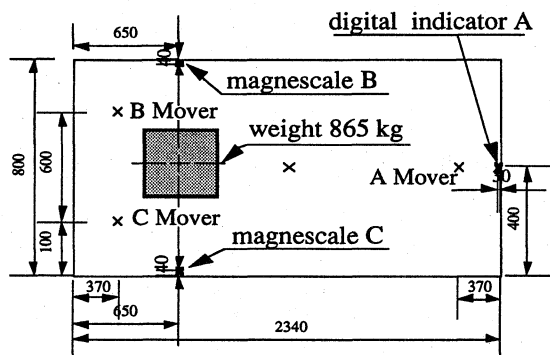


図2 測定器設置点

測定は、定盤の重量約1.2tと定盤上に865Kgのダミー負荷を乗せて測定を行った。3台のムーバーに加わる重は、Aムーバーが約750Kg、B、Cムーバーがそれぞれ約660Kgの荷重であった。測定は、スクリュウジャッキ移動範囲の中心付近（床から定盤上水平面までの高さが約750mm程度）で、3台のムーバーを垂直方向（Y軸）に同時に動作させて行った。

まず上昇方向へ定盤を約1.3mm移動させ、ここで移動方向を反転させて、出発点へ戻していく。さらに、約40μm下まで下降させ、次いで方向反転して、出発点まで上昇させた。測定は、このループを2回繰り返して行った。ここでは、ムーバー移動方向反転位置を確認する為に、反転位置付近では、移動量を少なく（パルス数500パルスに）している。測定時の入力パルス量を表1に示す。計測値の記録は、パルス入力回数1回毎に行う。

	上昇		下降	
	パルス数	入力回数	パルス数	入力回数
1	500	10(20)*	500	10
2	5000	1	10000	14
3	10000	14	5000	1
4	500	10	500	20

\* (20)は、2回目からの入力回数

表1 測定時の入力パルス量

#### 4. 測定結果

再現性及び直線性の測定を行った。その測定結果を図3に示す。結果は良い直線性を示し、今回のテストで移動させた全域（1.3mm）にわたって、位置決め制御が5μm精度で行える事がこの測定からわかった。図3の上昇方向へ反転する位置の拡大したグラフを図4に示す。

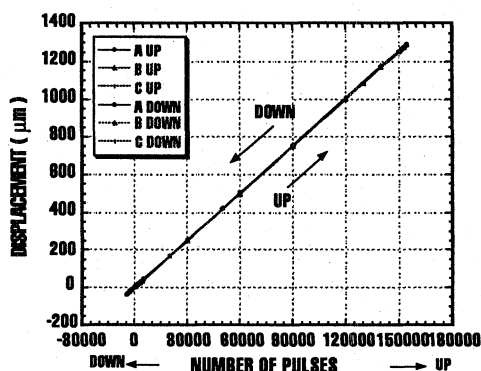


図3 測定結果

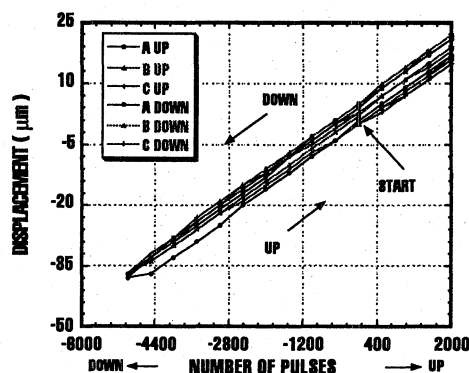


図4 測定結果（拡大図）

図4からわかるように、上昇時と下降時のラインは、一致せず約5～10μm程度で離れている。この原因は、主にスクリュウジャッキ内部に組み込まれたウォームギヤとウォームホールバックラッシュだと考えらる。但し、B、C点においては、バックラッシュ現象はA点における程明確なものではなく、移動方向反転位置より20μm程上昇した所から、測定点A（図4Aライン）に重なってくる傾向が見られる。負荷を乗せた位置でAとB、C点では、加わる荷重が違う為、起きるものと考えている。A、B、C点は、それぞれの、ライン上で同じループを描き、良い再現性を示した。ここまでの測定結果をまとめると、このアクティブ架台に、再現性があり±5μm以下の精度があると言える。これは、仕様を十分に満たす性能である。

さらに架台動作を、今回の測定データから上昇方向のみを繰り返し測定したデータと、下降方向のみを繰り返し測定したデータから、直線フィットしてグラフにしてみた。その結果を図5から図10に示す。このグラフからは、B、C点の上昇方向、下降方向とも位置決め精度が±5μm以下で再現されている。また、A上昇方

向, A 下降方向については, 位置決め精度が $\pm 1.5\mu\text{m}$ 以下の結果が得られた。

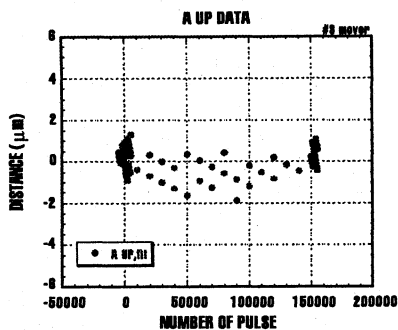


図5

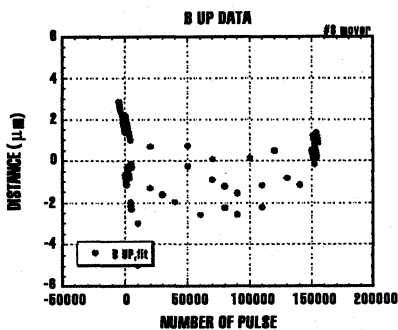


図6

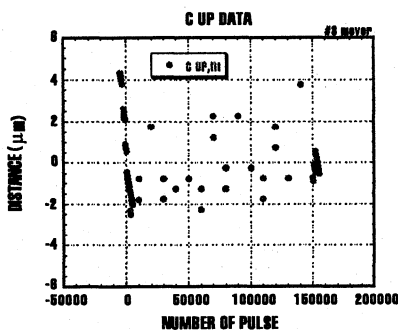


図7

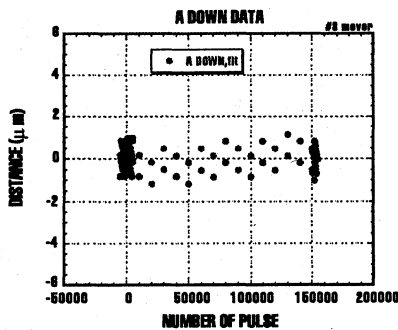


図8

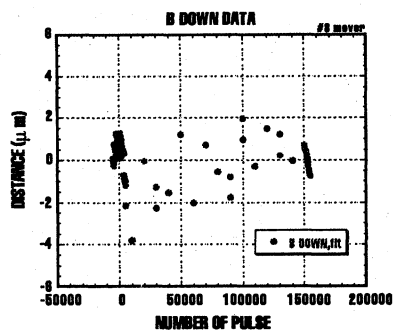


図9

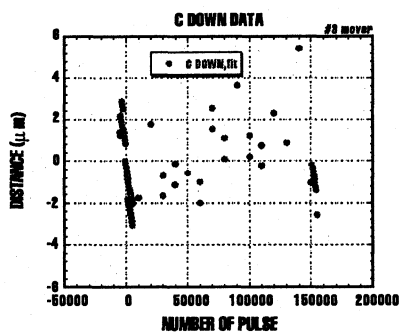


図10

### 5. まとめ

アクティブ架台の, 垂直方向 (Y 軸) の位置制御について性能試験を行った。

荷重 1t 程度の負荷を乗せて, 位置決め精度は再現性に優れ, また直線性の精度が $\pm 5\mu\text{m}$ 以下で制御できる事がわかった。特に, 測定点 A の上昇方向, 下降方向とも $\pm 1.5\mu\text{m}$ 以下の直線性があることがわかった。

今後は, B, C 点と A 点の振る舞いの違いの原因を追究し, テーブル全体の精度として $\pm 1.5\mu\text{m}$ を実現させたい。

### 謝辞

本測定に際しては, JLC グループの方々, 特に KEK 技術部の舟橋義聖氏, 加速器部の竹内康紀氏に多大なご指導いただきました。ここに感謝の意を表します。

### 参考文献

[1] Y. Funahashi et. al., "DEVELOPMENT OF ACTIVE GIRDER FOR ATF DAMPING RING", Proc. OF THE 18th LINEAR ACCELERATOR MEETING IN JAPAN, p.402

KEK, Tsukuba, Japan, July 21-23, 1993,