

# A L I N E M E N T F O R S P r i n g - 8 L I N A C

A. Mizuno, S. Suzuki, K. Yanagida, H. Yoshikawa, H. Suzuki  
N. Nakamura, T. Ishida, K. Mashiko, H. Yokomizo  
JAERI-RIKEN SPring-8 Project team,  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

## ABSTRACT

Length of the SPring-8 Linac is about 140m, so it is difficult to align Q-magnets with transit. And what is more, construction of injection system is complicated and that makes alignment difficulty.

For the former, we plan to align with laser in the atmosphere, and for the latter, plan to align the magnetic center of Helmholtz coils. In the poster, we will show the method of these alignment.

## S P r i n g - 8 における線型加速器のアライメント

### 1. はじめに

S P r i n g - 8 の入射用線型加速器は、全長が140mあり、四極電磁石の設置エラーが加速ビームに与える影響を考慮した場合、トランジットなどによるアライメントは困難である。また、真空中でレーザーによるアライメントを行う場合、設備が大がかりになる。さらに、電子銃からバンチャーまでの区間（以下、電子入射部という。）にはビームモニタ、電磁石などが存在する部分にヘルムホルツコイルを設置する必要があり、幾何学的に複雑となってアライメントを困難にしている。

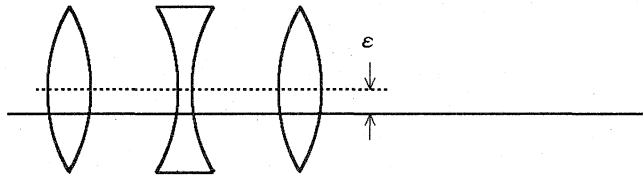
現在、前者に対しては、空気中のレーザーによるアライメント、後者に対しては、一体型架台への機械精度での設置と、特にヘルムホルツコイルにおいては、磁場中心に対してのアライメントを計画している。以下では、線型加速器を電子入射部とそれ以外の部分（主加速部）に分け、各々に対する目標アライメント精度、およびその方法について述べる。

### 2. 目標アライメント精度

本線型加速器において、アライメントの精度が一番厳しいのはQトリプレットである。したがって、Qトリプレットのアライメント精度より目標アライメント精度を決定した。

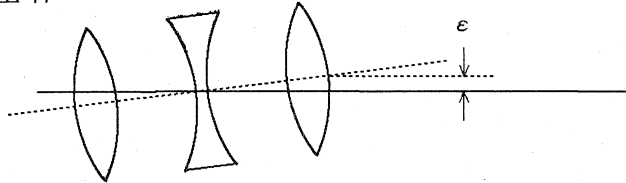
Qトリプレットのアライメント誤差は種々の場合が考えられるが、いずれの場合も、転送行列の手法を用いて計算できる。即ち、ある位置  $x$  と運動量  $p_x$  で構成される  $X$  ベクトルを仮定し、それがあつた誤差を持ったQトリプレットを通過した後の  $X$  ベクトルとの差、 $\Delta X$  を考えることによってアライメント精度を見積ることができる。 $\Delta X = (\Delta \xi, \Delta p)$  とすると、入射部に用いるQトリプレットが次ページの図に示すようなアライメント誤差を有しているとき、出口から3.5 m のところ（電子入射部でのQトリプレットの間隔）でのビームの正常位置からの誤差  $\Delta \xi$  は以下のように見積られる。但し、 $\varepsilon$  は、図に示すようなQトリプレットのミスアライメント量である。

- ・全体の平行なズレ



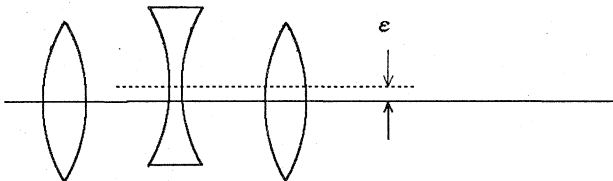
$$\Delta \xi = 1.26 \varepsilon$$

- ・全体のチルト



$$\Delta \xi = 0.33 \varepsilon$$

- ・個々の電磁石の平行なズレ



$$\Delta \xi = -4.11 \varepsilon$$

このような見積もりは複数のQトリプレットについても統計的手法を用いて計算できる。本加速器主加速部において、10台のQトリプレットを通過したときの $\Delta \xi$ はおおよそ以下のようなになる。

- ・全体の平行なズレ

$$\sqrt{\langle \xi \rangle^2} = 8.21 \sqrt{\langle \varepsilon \rangle^2}$$

- ・全体のチルト

$$\sqrt{\langle \xi \rangle^2} = 1.37 \sqrt{\langle \varepsilon \rangle^2}$$

- ・個々の電磁石の平行なズレ

$$\sqrt{\langle \xi \rangle^2} = 26.8 \sqrt{\langle \varepsilon \rangle^2}$$

ここで、各パラメータは2乗平均をとってある。

目標アライメント精度は、ビームの太さの1/10以下のビームのズレは許容できると考え、「全体の平行なズレ」を考慮して決定した。

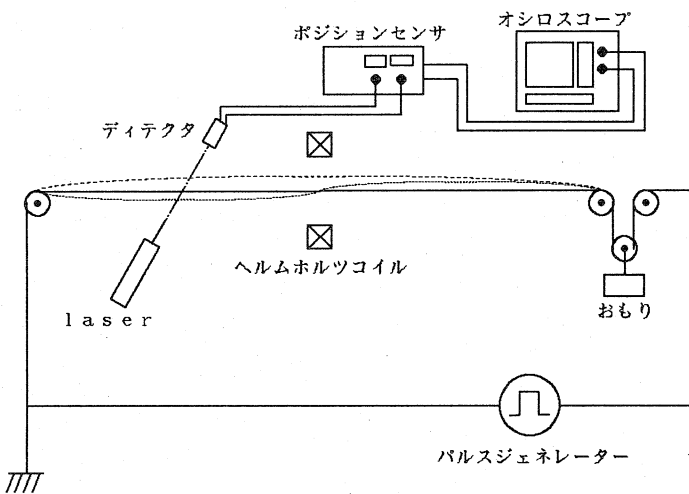
電子入射部では、ビームの径を電子銃出口あたりで約10mmと考えると、Qトリプレット出口でのビームのズレの許容値は1mmとなり、Qトリプレットのズレは0.7mm程度まで許容できることになる。実際の電子入射部はQトリプレットが2個あることから(上の計算よりドリフトスペースが長くなり)許容誤差は厳しくなる。したがって、目標アライメント精度はQトリプレットについて0.3mmとした。電磁石のアライメント用ターゲットの位置精度が0.1mmであるので、ターゲットそのもののアライメントは0.2mmとなる。

主加速部においては、ビームの径は1~3mmと見積もられる。また、複数のQトリプレットにより、ビームのズレも8.2倍と大きく増幅されてしまう。従

って、目標アライメント精度を0.1 mm以下とすべきではあるが、アライメントの困難さ、及び、ステアリング電磁石の存在を考えて、目標アライメント精度は0.2 mmとした。ターゲットそのもののアライメントは0.1 mmとなる。

### 3. 電子入射部のアライメント

電子入射部においては、アライメントすべき区間が短いこと、精度が甘いこと、幾何学的に複雑なことより、電子銃からバンチャーまでは架台を一体とし、機械的精度で設置する方法をとることを計画している。また、一体型架台とそれ以後の機器相互間は、トランジットによる方法を計画している。しかしながら、一体型架台上に設置するもののうち、ヘルムホルツコイルについては、空心のために磁場中心と機械中心が一致しないことが多い。従って、これについては、パルス法、またはホール素子により、磁場中心を検出しアライメントすることを計画している。パルス法を以下に説明する。



左記のように、ヘルムホルツコイルは定格で励磁しておき、アライメント軸上に張るワイヤには約1 Aのパルスを繰り返し流す。そのとき、ワイヤは、中心からずれていると力を受けて振動する。ワイヤ両端は固定端であるため、その時の振動数とパルス発生の周波数を同期するように合わせておけば、ワイヤには定常波がたつ。この定常波をレーザーで観測することによってコ

イルのズレの程度を検出するものである。コイルがチルトしているときは定常波は基本振動となり、平行移動しているときは2倍振動となるので両者の区別が出来る。アライメントは、定常波が立たなくなる位置を探せば良い。

### 4. 主加速部のアライメント

電子入射部に比べて精度が要求される主加速部においてはレーザーを用いてアライメントすることを計画している。しかし、レーザーには、空気による屈折から生じるゆらぎや、レーザー共振器内部の熱膨張などによって、光軸が時間的にドリフトする問題がある。主加速部での目標アライメント精度、 $\pm 0.2 \text{ mm}$ 以下を達成するためには、上記の問題をクリアしなければならない。

レーザー光のゆらぎに関しては、パイプ中にレーザー光を通すことによって、真空チェンバーを用いることなく解決している。光軸の時間的ドリフトについては抜本的な解決策が得られていない。しかし、ポイントスタビリティの高いレーザーを用い実験したところ、ドリフトは20 m区間で30分間に0.1 mm~0.2 mmであり、ときどき修正を行いながら作業するとすれば十分使用できると思われる。ドリフト対策としては、レーザー光軸を中心にレーザーを回転させる案もあるが、現在検討中である。

上記実験結果は、ポスターに発表する。