



## 5.27 高繰り返しX線レーザー用ターゲット自動アライメントシステムの開発

## Development of target auto-alignment system for high repetition x-ray laser

助川鋼太、岸本牧、加道雅孝、永島圭介

日本原子力研究所 関西研究所 光量子科学研究センター

〒619-0215 京都府相楽郡木津町梅美台 8-1

Kouta Sukegawa, Maki Kishimoto, Masataka Kado, and Keisuke Nagashima

日本原子力研究所 関西研究所 光量子科学研究センター

Advanced Photon Research Center, Kansai Research Establishment,

Japan Atomic Energy Research Institute

8-1 Umemidai Kizu-cho, Souraku-gun, Kyoto 619-0215 Japan

Spatially full coherent x-ray lasers have been recently demonstrated by double target method at JAERI. The beam divergence of 0.2 mrad is achieved with the full coherent x-ray lasers, which is one order better than ordinary x-ray lasers. It is the problem that is unstable beam pointing occurred by the beam divergence. Beam pointing stability is very important for application research. Because it must align a target in every 1 shot in case as a solid target, it is difficult to generate an x-ray laser at high repetition rate. Low repetition rate limits the application of x-ray laser. To solve these problems, a high precision target alignment system is needed. Therefore, we have been developing an auto-alignment system for high repetition rate.

**Keywords : X-ray laser, Target auto-alignment system**

## 1. はじめに

JAERI では、ダブルターゲット方式により空間的に完全にコヒーレントな X 線レーザーを実現している<sup>1)</sup>。フルコヒーレント X 線レーザーでビームダイバージェンス 0.2 mrad を達成した。このビームダイバージェンスは通常の X 線レーザーより一桁小さい。ビームダイバージェンスが小さくなったことにより、次のような問題が発生した。ポインティングの精度が良くない。応用実験には安定したビームが重要である。固体ターゲットに照射する場合、1 ショットごとに固体ターゲットをアライメントする必要があるので高繰り返しに適応しない。繰り返しが低いことがこれらの幅広い X 線レーザー利用を制限する障壁となっている。そこで、高繰り返しに対応し、自動アライメントが可能で精度がよいターゲット自動アライメントシステムを開発した。

## 2. アライメントシステム

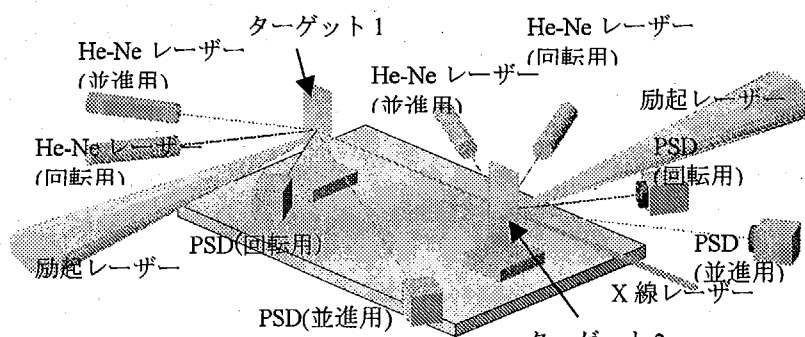


図1 ターゲット自動アライメントシステム概略図

図1にターゲット自動アライメントシステム概略図を示す。本システムは、X線レーザー実験用真空容器と2つのターゲット、ターゲットを固定する電動ステージ、各4台のHe-Neレーザー、ポジションセンサー(以下PSDという)

および数枚の1インチアルミ平面ミラーから構成される。1つのターゲットに対して2つのHe-Neレーザーを照射し、その反射光をそれぞれPSDにて受光し、ターゲット位置を検出する。1つめのレーザーは、並進方向の位置を決めるためであり、He-Neレーザーをできるだけ斜めからターゲット面に照射しPSDで受ける。もう一方のレーザーは回転方向を決めるレーザーである。PSDからの出力信号は、コンピュータに取り込まれ演算処理したのち電動ステージへ送信されターゲットを所定の位置まで並進および回転駆動することによりターゲットのアライメントを行う。

3. 制御方法

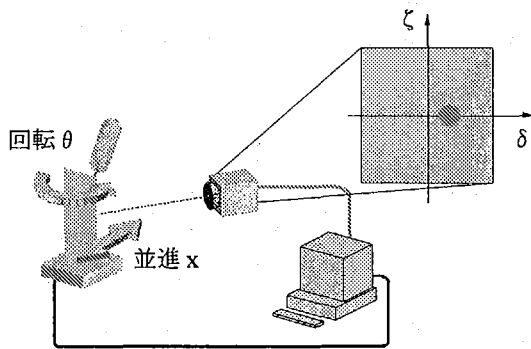


図2 ターゲット制御系概略図

図2にターゲット制御系概略図を示す。ターゲットが並進方向に  $x$  [mm] 駆動したときの PSD の出力値を  $F_{he}(x, \theta)$  [V]、回転方向に  $\theta$  [°] 駆動したときの出力値を  $F_{ka}(x, \theta)$  [V] とすると  $F_{he}(x, \theta)$ 、 $F_{ka}(x, \theta)$  はそれぞれ以下の式で表せる。

$$\begin{pmatrix} F_{he}(x, \theta) \\ F_{ka}(x, \theta) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ \theta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

ただし、 $a_1 \sim c_2$  は任意の実数。式(1)を位置  $x$ 、 $\theta$  について解けば所定の制御量を求めることができる。そのためには各係数を決定する必要がある。まず、回転  $\theta$  を  $0$  [°] とし並進  $x$  を数 mm ずつ動かしていく。そのときの並進および回転用ポジションセンサー値を図3に示す。図3のように2つの直線式が得られる。これら直線の傾きから  $a_1$ 、 $a_2$  また、 $c_1$  が決定される。次に、並進位置を  $0$  [mm] とし、回転位置を数度ずつ回転させたときの並進用および回転用ポジションセンサー値を図4に示す。同様にして、2つの直線から  $b_1$ 、 $b_2$ 、 $c_2$  が決定される。

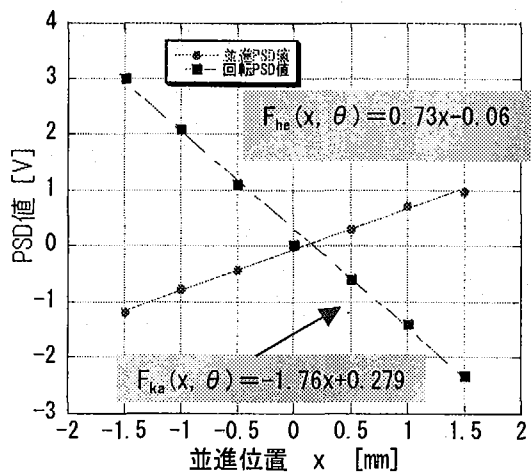


図3 並進位置に対する PSD 値

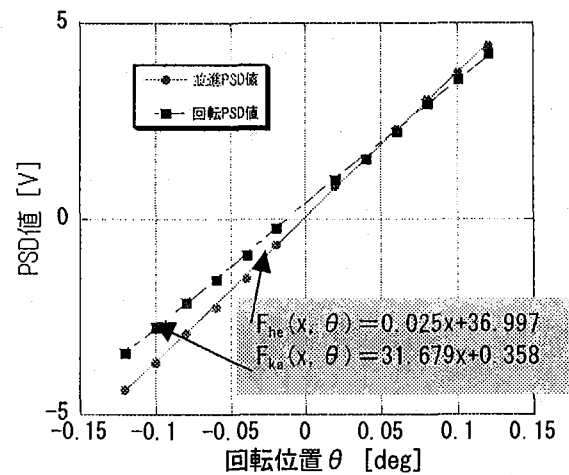


図4 回転位置に対する PSD 値

4. システム動作テスト

本システムの動作テストとしてまず、電動ステージの動作に対するポジションセンサーの感度

測定を行った。図5に並進位置を駆動させたときのポジションセンサー値を示す。また、図6に回転位置を駆動させたときのポジションセンサー値を示す。

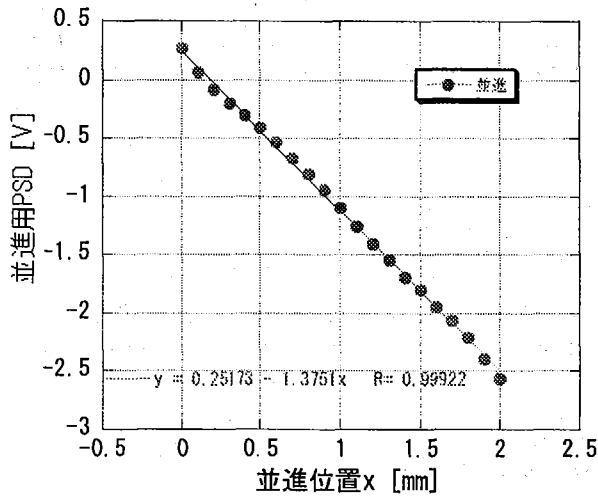


図5 並進位置に対するPSD感度

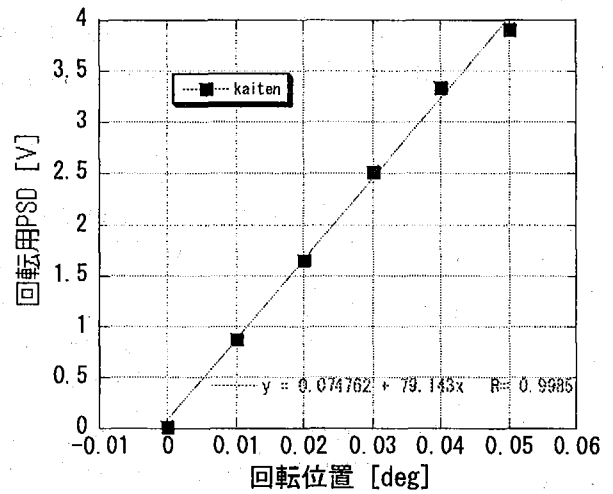


図6 回転位置に対するPSD感度

図5から、ターゲット並進方向の変化量は1 [mm]あたり1.375 [V]であることがわかる。本ポジションセンサーの最小単位は0.01 [V]であることから本システムとしての並進方向の感度は7.27 [ $\mu$ m]となる。同様に図6から、回転方向の変化量は1 [°]あたり79.143 [V]であり、回転方向の感度は2.19 [ $\mu$ rad]を得る。

次に、前述の計算に基づいて、実際にターゲットを駆動し、制御をおこなった。図7に入力値に対するターゲット位置実測値誤差を示す。図7から、並進および回転方向について主に0.00 [V] ~ 0.02 [V]に多く分布していることがわかる。つまり、位置決め精度としては、並進方向で $\pm 7.27 \mu$ m、回転方向で $\pm 2.19 \mu$ radとなる。

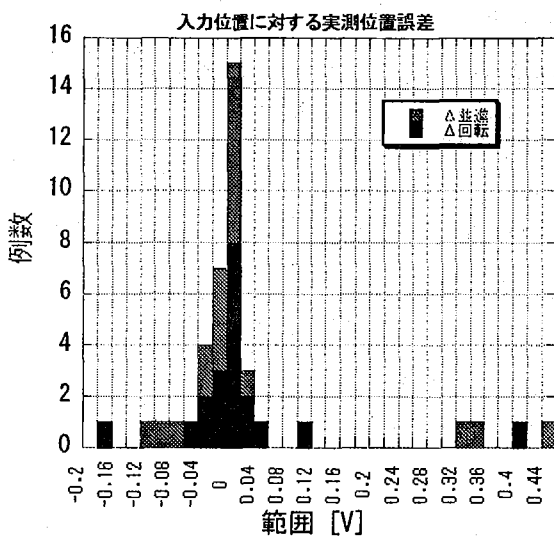


図7 入力値に対するターゲット実測値誤差

## 5. 結論

本システムの制御可能な最小単位は、並進方向で7.27 [ $\mu$ m]、回転方向で2.19 [ $\mu$ rad]である。また、位置決め精度は、それぞれ $\pm 7.27 \mu$ m、 $\pm 2.19 \mu$ radである。現在、X線レーザーの発散角は0.2 mradであることから、本システムはターゲット自動アライメントシステムとして有効である。

## 参考文献

- 1) M. Tanaka et al., Opt Lett, Vol.28 No.18 September 15 2003