

THPH025: 電磁石架台のモーター制御 1 MOTOR CONTRELL OF MAGNET SUPPORT 1

榎本嘉範^{A)}、佐々木信哉^{A)}、牛本信二^{B)}

^{A)} Accelerator Division, KEK

^{B)} Mitsubishi Electric System & Service Co. Ltd.



はじめに

KEK 電子陽電子入射器（以下入射器）では、SuperKEKB で要求される低エミッタンス入射ビームを実現するために、様々な取り組みを行っている。中でも 2017 年に PF, PF-AR, SuperKEKB LER/HER の 4 リング同時入射を目的として入射器後半のマグネットの大部分を DC マグネットからパルスマグネットへ置き換えたが、この際新しいマグネットに合わせて架台も一新した。これまでの測定から入射器の床面は場所によっては年間 1 mm 以上変動することがわかっている。一方で、SuprKEKB で必要とされる入射ビームのエミッタンスを維持するためには、マグネット等の主要コンポーネントに許されるミスアライメントはローカル（概ね 10 m 前後）で $\sigma = 0.1$ mm, グローバル（入射器全長約 600 m）で $\sigma = 0.3$ mm 以内にアライメントする必要があると考えられている。この精度を維持するために、ステッピングモーター制御により 5 軸と手動により 1 軸の位置調整が可能な機構を備えた新たな架台を開発した。

構造および諸元

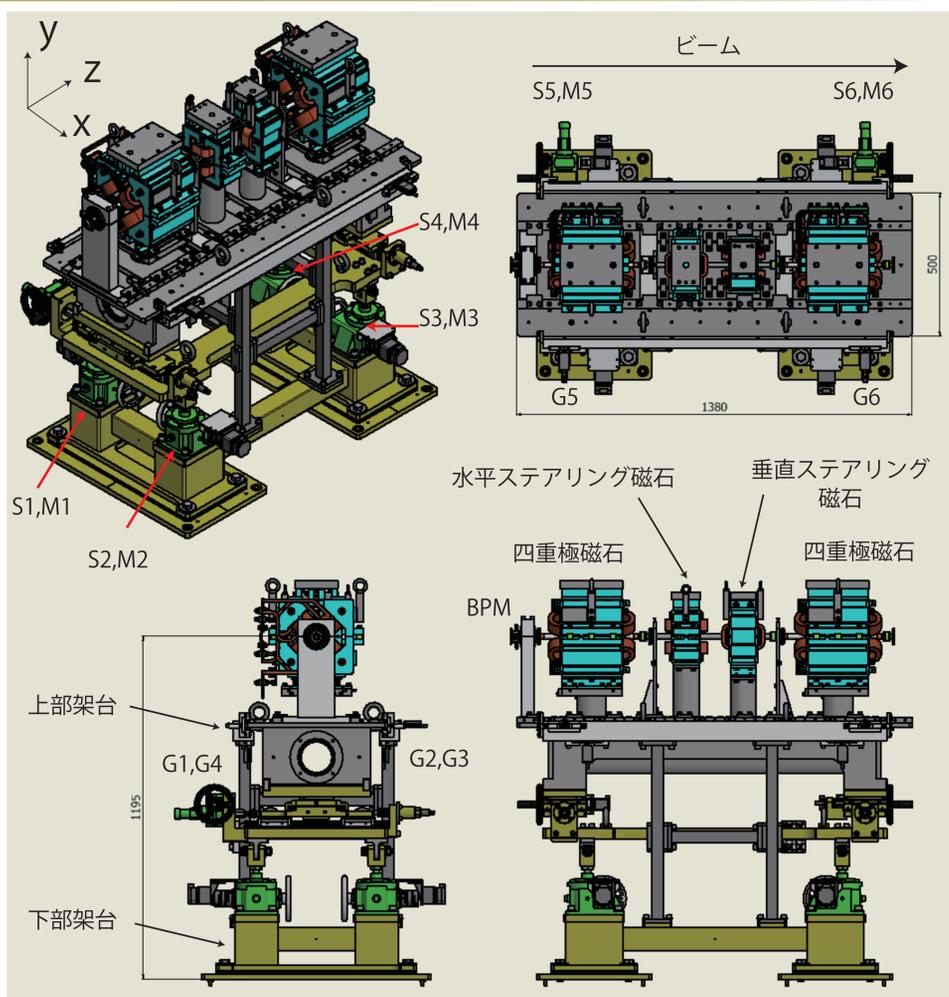


Figure 1: Views of magnet support with magnets.

Table 1: Specifications of Screw Jack

| | S1 - S4 | S5, S6 |
|---------------------------|-------------|-------------|
| manufacturer | NIPPON gear | NIPPON gear |
| type | J2GL | J3GL |
| screw lead | 8 mm | 4 mm |
| Worm reduction ratio | 24 | 24 |
| travel per input rotation | 0.33 mm | 0.17 mm |

Table 2: Specifications of Motor Unit

| | M1 - M4 | M5, M6 |
|-----------------|----------------|----------------|
| manufacturer | Oriental motor | Oriental motor |
| type | PKP264D14A2 | PKP246D15A2 |
| phase | 2 | 2 |
| reduction ratio | 36 | 1 |
| step angle | 0.05 deg | 1.8 deg |

Figure 1 に製作した架台の 3 面図と鳥瞰図を Figure 2 に設置した際の写真をしめす。また Table 1 に使用したスクリージャッキの諸元を、Table 2 に使用したモーターユニットの諸元をそれぞれ示す。X,Y 方向への平行移動、X,Y,Z 軸周りの回転は各スクリージャッキ S1 ~ S6 を同じ方向あるいは反対方向へ動かすことにより制御することができる。Z 方向への移動はリモートでは動かさないが押しねじによりローカルには調整可能となっている。



Figure 2: A photo of magnet support with magnets.

にがし機構

軸が 2 つ以上ある剛体を回転させる場合、ねじれを吸収するための構造が必要になる。Figure 3 にロール及びピッチ方向の、Fig. 4 にヨー方向のにがし機構の構造を示す。またビームダクトはベローズを介して両サイドのコンポーネントと接続されているが、ロール方向の動きは吸収できないため、Fig. 5 に示すように、サポート側にすべり機構を設けている。

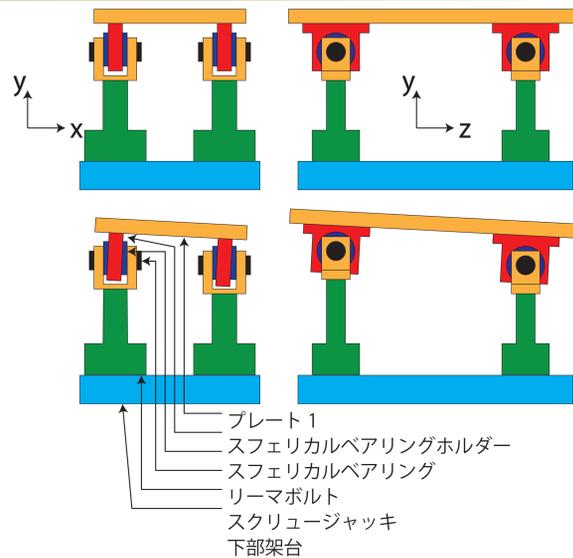


Figure 3: Adjustment mechanism for roll and pitch motion.

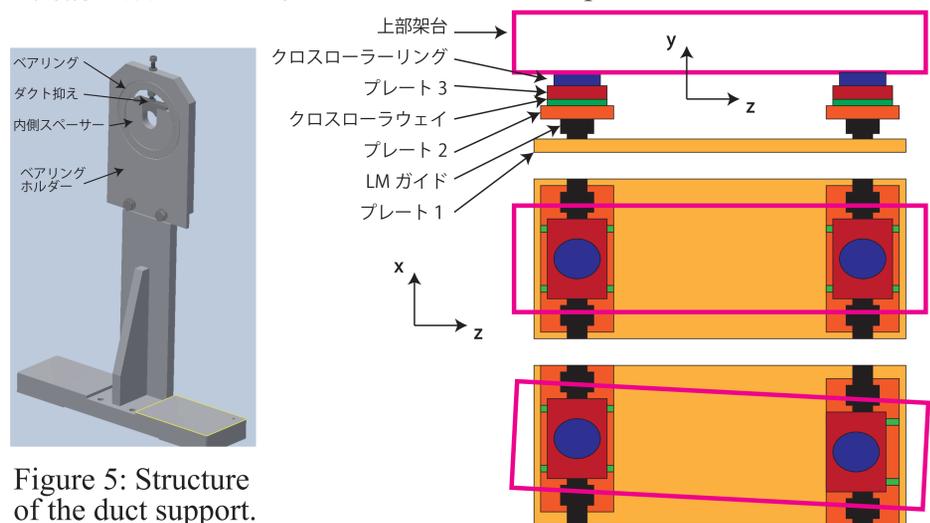


Figure 4: Adjustment mechanism for yaw motion.

性能評価

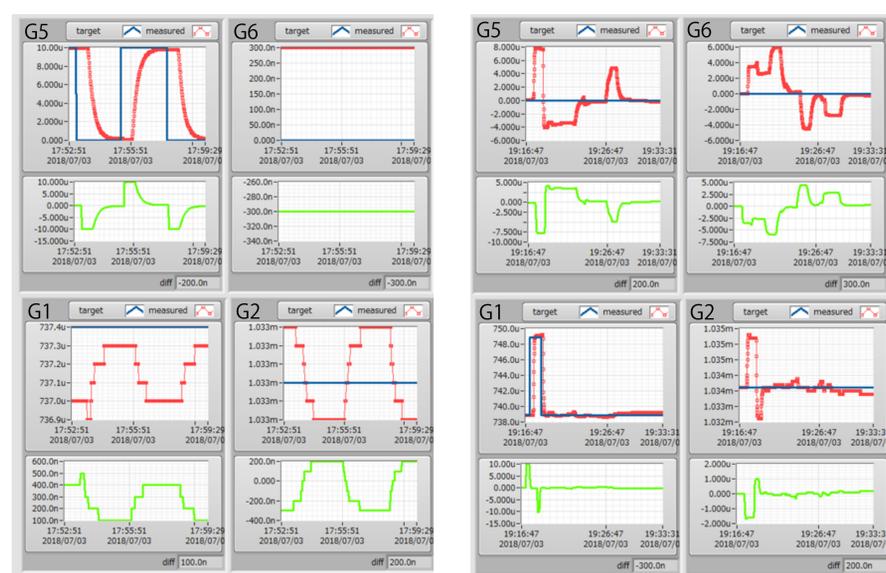


Figure 6: Offline test results.

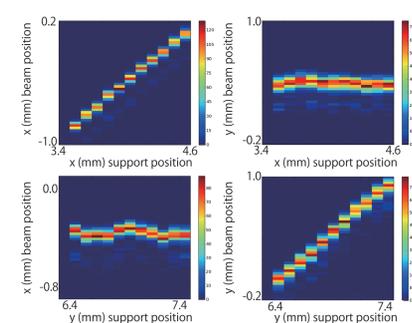


Figure 6 にリニアゲージ（ミットヨ LGK-0110, 分解能 0.1 μ m）を用いたオフラインでの性能評価試験の結果を示す。測定結果から構造的には 1 μ m 以下の精度で位置決めできることがわかった。また Fig. 7 にビームを用いた測定結果を示す。

Figure 7: Test results with beam.

まとめ

モーター制御により、z 方向並進以外の 5 軸が制御可能な電磁石架台を制作し、性能評価を行った。高精度リニアゲージを用いた測定から、機構的には 1 μ m 以下の位置決め精度を有しており、各軸独立に制御できることを確認した。同様の架台は 13 セット入射器に設置されており、動作試験も完了している。