

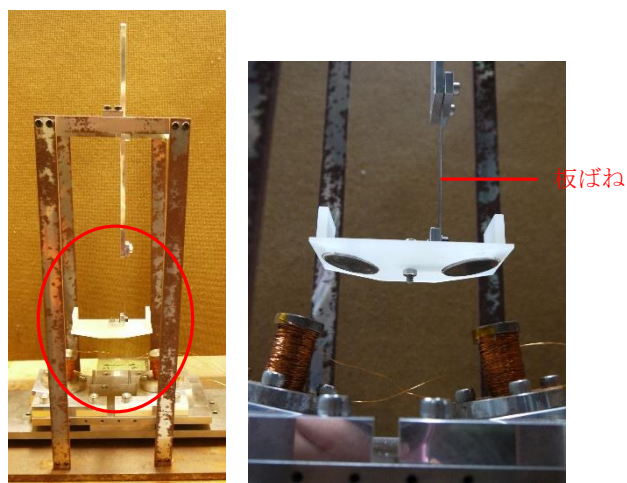
研究内容報告

平成 29 年度磁力制御と自重で高精度位置決めを可能にする磁気浮上式微動テーブルの開発補助事業

2. 磁気浮上支持微動試験装置を転用した可撓支持微動テーブルの試作と評価

(1) . テーブル浮上支持の検討と可撓支持への展開

磁気浮上支持微動試験装置の改善的手法となる可撓支持機構を構築した。本手法によってテーブルは高剛性に静止保持が可能であり、かつ微動の駆動力は磁力によって非接触で与えられるため本研究の目標である、摩擦を完全に排除して高精度位置決めを有する微動テーブルの開発が進められる。可撓支持による微動性能を構築済みの装置に可撓機構を追加することで試験した。図 1 に試験装置全体を示す。図 3 に示す浮上支持微動試験装置をベースに、拡大図のようにテーブルを板ばねで吊るす構造とした。左右対称に設置した電磁石とテーブル下部のネオジム磁石間に生じる反発力と板ばねの弾性力がバランスして板ばねが静止保持され、電磁石の印加電流を変化させることでテーブルが微動する。板ばねの厚みと長さを調整することで支持剛性の調整が可能である。図 2 に微動原理を示す。1 章図 5 浮上支持による微動原理と比較してテーブルが板ばねで支持される以外は同様であり、微動時の摺動摩擦は生じない。



赤丸部拡大

図 1 可撓支持微動試験装置全体

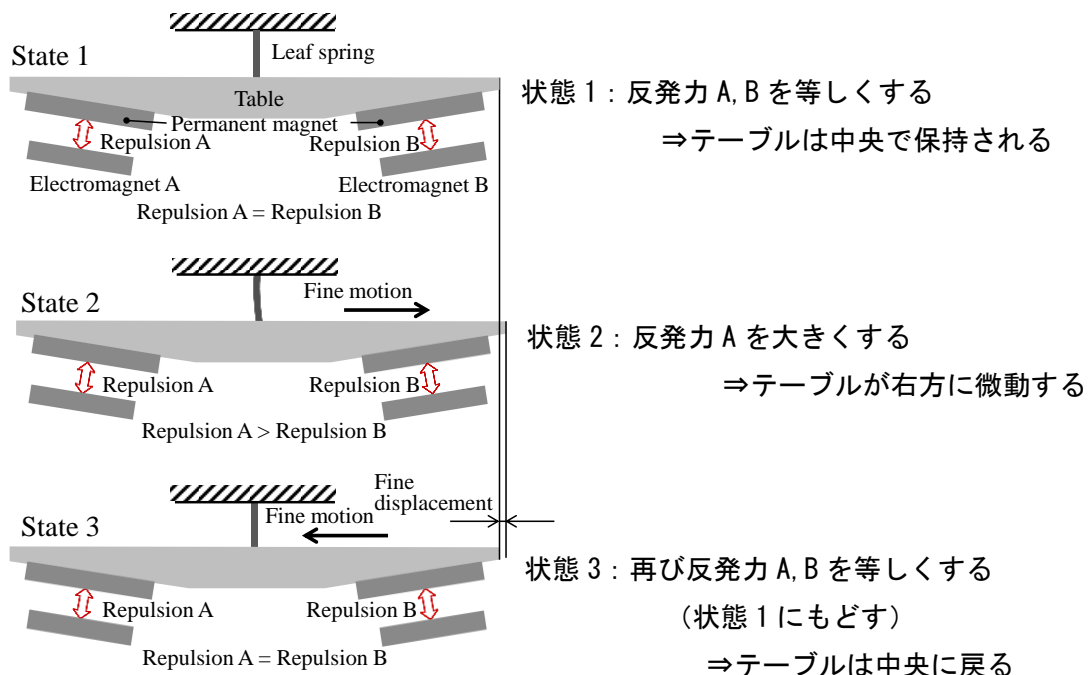
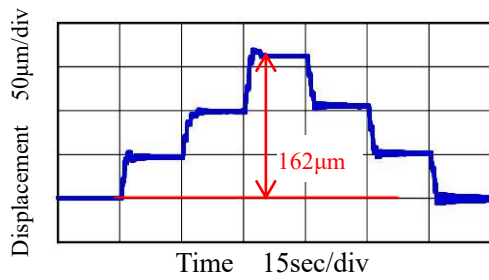


図 2 可撓支持微動原理

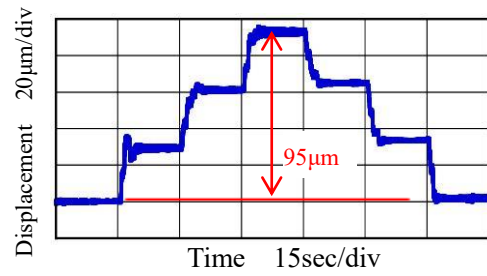
(2) . 可撓支持によるテーブル微動の計測と評価

電磁石に最大電流を印加して長ストロークでの微動を調べた。図 3 にその結果を示す。最大電流は電磁石の発熱を考慮して 1.5A とし、0A⇒0.5A⇒1.0A⇒1.5A⇒1.0A⇒0.5A⇒0A のように 0.5A ごとに電流を増減させたときのステップ変位を観察した。(a)は電磁石 A に電流を印加し、電磁石 B は 0A で一定とした場合である。板ばねの剛性は 12.1N/m である。電流変化に追従して階段状の変位が表れている。全ストロークは 162 μm であり、本研究の目標である 80 μm の 2 倍程度の最大変位を得た。一方、(b)は電磁石 B に電流を印加した場合の結果である。ストロークは 95 μm と (a) より小さくなった。ストロークが異なる原因として電磁石～ネオジウム磁石の磁極間隔にずれが生じたと推察する。

次に最小分解能に相当する小ステップ変位での微動を調べた。電磁石に印加する電流量を徐々に小さくし、階段状の変化が識別できる限界を当該ステップ変位と判断する。図 4 にその結果を示す。0A⇒0.02A⇒0.04A⇒0.06A⇒0.04A⇒0.02A⇒0A のように電流を変化させた。(a)は電磁石 A に電流を印加した場合で電磁石 B は 0A で一定とした場合である。板ばねの剛性は 35.4 N/m である。ステップ変位は 0.5 μm であり、最小変位分解能と判断する。ところで各ステップの挙動に着目すると 0.5 μm 程度の揺動が生じている。これは、設置剛性が影響し、実験室内外の振動が及んだと考える。(b)は電磁石 B に電流を印加した場合の結果である。ステップ変位は 0.9 μm であるが、長ストロークと同様に電磁石～ネオジウム磁石の磁極間隔にずれが原因と考える。長ストローク微動とは逆に (b) の変位が大きいのは再セットアップの影響が表れていると推察する。

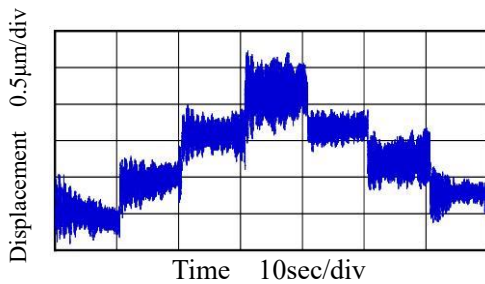


(a) 微動方向：中央⇒左方⇒中央

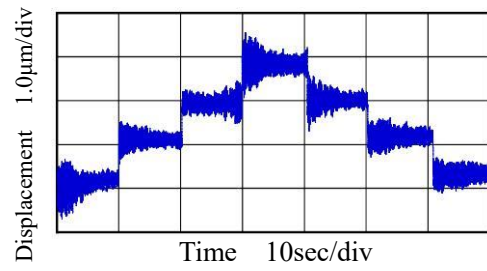


(b) 微動方向：中央⇒右方⇒中央

図3 長ストローク微動



(a) 微動方向：中央⇒左方⇒中央



(b) 微動方向：中央⇒右方⇒中央

図4 分解能相当微動

(3) ． 電磁石への印加電流とテーブル推進力の関係

微動計測とあわせて、電磁石への印加電流とテーブル変位および板ばねへの作用力の関係を調べた。板ばねへの作用力は片持ち梁の計算式を用いて算出した。なお、計算式には印加電流のステップごとに平均した変位を代入している。図5にその結果を示す。印加電流と板ばねへの作用力は比例することが分かる。板ばねへの作用力はテーブルの推進力に等しい。つまり、印加電流とテーブル推進力は比例関係にあることが確かめられた。

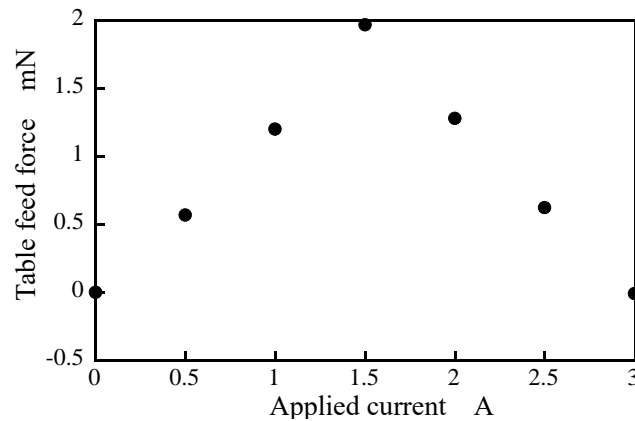


図5 印加電流に対する作用力の関係