

補助事業番号 2018M-131

補助事業名 平成30年度 超電導永久電流を用いた2軸制御型磁気浮上システムの試作研究補助事業

補助事業者名 九州工業大学工学部 小森望充

1 研究の概要

大ギャップ(100mm程度)の風洞実験装置モデルを実現するために必要な磁気浮上コイル(超電導コイルと銅コイル)を設計・試作し、その設計の妥当性を明らかにする。更に、そのコイルを一軸制御の風洞実験装置モデルに適用し、永久電流を通电した状態での大ギャップを実現し、本システムの有用性を検証する。

2 研究の目的と背景

本事業の目的は、磁気浮上コイル(超電導コイルと銅コイル)を用いて、低エネルギー損失で200mm程度の大ギャップを実現できる2軸制御型磁気浮上システムを開発することである。

そのためには、定常吸引力発生用の超電導コイルと制御力発生用の銅コイルの適切な設計を行い、それらの特性を評価し問題点を明らかにする。特に、超電導コイルに流れる永久電流の評価を行い、永久電流の時間的な減衰特性を明らかにする。更に、変位センサなど個々の要素の評価・検証を行い、2軸制御磁気浮上システムの試作・開発に結び付ける。

3 研究内容

(1)はじめに

本研究では、浮上させるための磁束密度発生のために高温超電導線材によるコイルを用いる。超電導とはある一定の温度以下の環境下において、電氣的抵抗がゼロになるという特性である。この特性を利用することで電力消費を大幅に抑えることができる。本研究では、浮上のための特性評価を行い、その結果について述べる。

(2)磁気浮上装置の概要

〈2・1〉システム構成 磁気浮上装置の構成についてFig.1に示す。装置は超電導コイル、制御コイル、フォトセンサ、電流制御回路、浮上モデルから構成されている。超電導コイル、及び制御コイルは液体窒素中に沈めて冷却している。位置認識は、Fig.1のように浮上モデルを中央に、LEDライトとフォトセンサ2つをそれぞれ対面に設置し、フォトセンサが読み取る光の位置によって行っている。浮上モデルは樹脂製で、直径30mm、高さ40mmの円柱となっている。モデル内部には小型の永久磁石が装着されており、小型永久磁石は、直径20mm、高さ30mm、表面磁束密度は約0.6Tとなっている。

〈2・2〉浮上原理 装置の上下に設置されている超電導コイルによって得られる磁気力は、モデルの自重とつりあうように設定する。また、安定した浮上を行うために、制御コイルによって微調整を行っている。位置認識は、前述の通りLEDライトとフォトセンサによって行い、電流制御回路によって、モデルを制御する。

(3)超電導コイルによる磁気力の測定

〈3・1〉実験内容 超電導コイルによって浮上モデルが得られる磁気力の測定を行った。

本実験では、装置上部に設置した超電導コイルのみの磁気力を測定した。実験の概要について Fig. 2 に示す。超電導コイルの中心から浮上モデルを遠ざけていき、超電導コイルの磁気力と浮上モデルの自重がつりあう点を調べた。磁気力の測定にはロードセルを使用した。Fig. 3 のような回路において、超電導コイルに 40A, 50A, 60A の直流電流を流した。

〈3・2〉 実験結果 測定結果を Fig. 4 に示す。超電導コイルに 40A の電流を流した際には 78mm の浮上ギャップが得られることがわかった。また 50A の電流を流した際には 82mm の浮上ギャップが、60A の電流を流した際には 90.5mm の浮上ギャップが得られることがわかった。

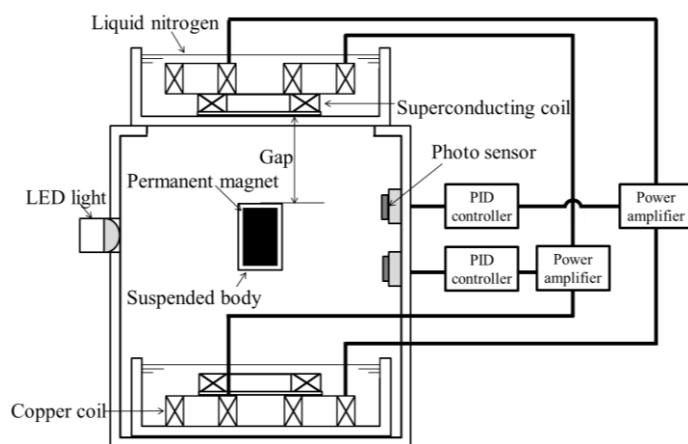


Fig. 1 System overview

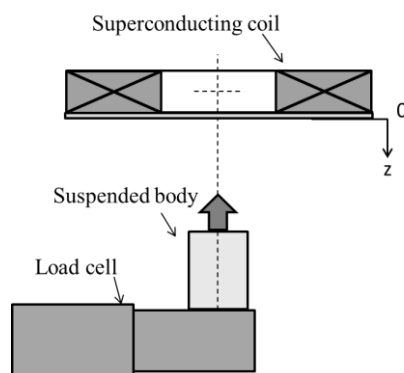


Fig. 2 Measurement of the force of the superconducting coil

(4) 銅コイルによる磁気力の測定

〈4・1〉 実験内容 制御コイルによって浮上モデルが得られる磁気力の測定を行った。超電導コイルの磁気力の測定実験と同様に測定にはロードセルを使用し、装置上下部に設置した制御コイルによる磁気力を測定した。制御コイルに直列の電流を流し、同様の磁気力を発生させた。電流値は 1A から 5A までの直流電流を流し、実験を行った。浮上ギャップは 82mm とし、 x , z 方向のそれぞれの磁気力を測定した。

〈4・2〉 実験結果 測定結果を Fig. 4 に示す. x 軸方向 z 軸方向ともに電流による線形性が見られ, 制御可能である. また制御のための磁気力として十分であると考えられる.

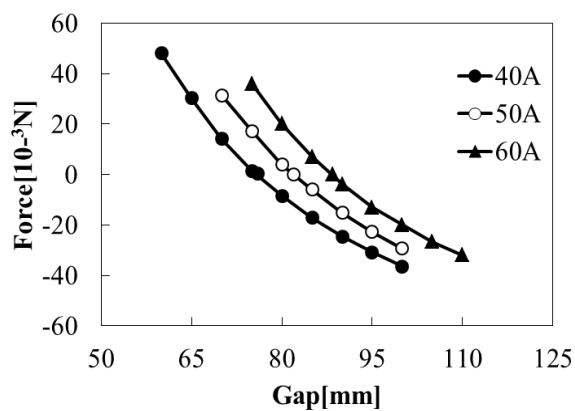


Fig. 3 Result of measuring the force of the superconducting coil

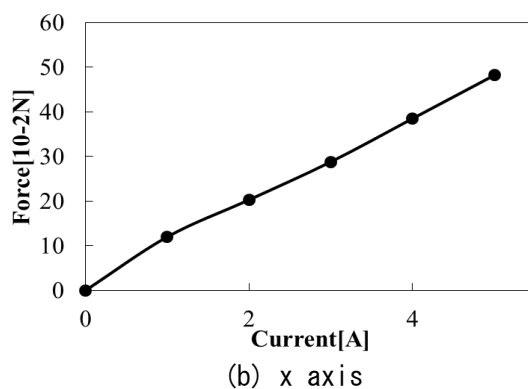
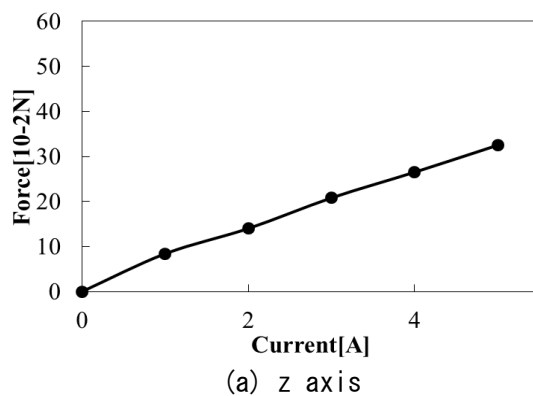


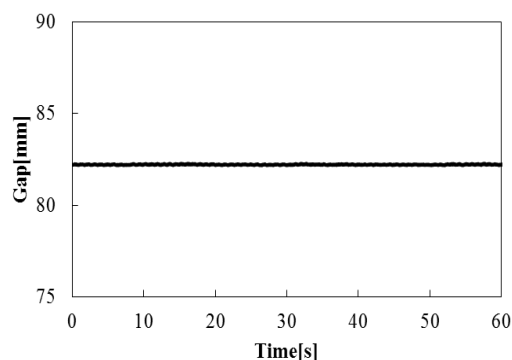
Fig. 4 Result of measuring the force of the control coils

(5) 1, 2 軸制御の浮上実験

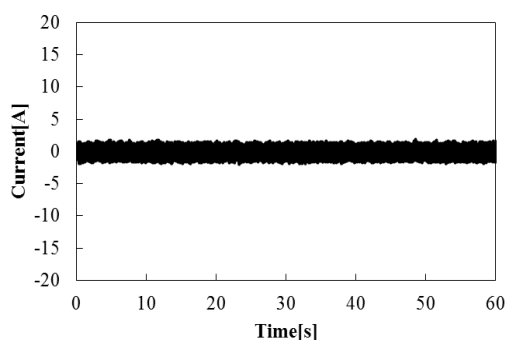
〈5・1〉 実験内容 これまで述べてきた基礎実験をもとにして, 浮上実験を行った. こ

れまでの実験より超電導コイルに 50A のバイアス電流で励磁させることにより上下から 82mm の浮上ギャップが得られることがわかっているの。これに加え，制御コイルによってモデルの位置を制御する。位置認識は1つのLEDライトとフォトセンサを使用して行った。バイアス電流は永久電流モードとした。

〈5・2〉 実験結果 Fig.5 に浮上実験の結果を示す。Fig5. (a) は浮上体の位置を，Fig. 5(b) に浮上時に制御コイルに流れた励磁電流を測定したものである。永久電流モードでも電源電流モードと同様に，浮上体は 82mm の位置で安定して浮上していることがわかる。



(a) Position



(b) Current

Fig.5 Result of levitation experiment

(6) まとめ

本稿では，超電導コイル及び制御コイルの磁気力の測定結果について述べた。超電導コイルの磁気力は本研究の浮上モデルに対して，50A では 82mm の浮上ギャップが得られることがわかり，1,2 軸制御での浮上に成功した。

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本事業では，高温超電導コイルを用いることによって，低エネルギー損失で200mm程度の大ギャップを実現できる2軸制御型磁気浮上システムの開発を目指している。これが実現できると，500mmもの大ギャップの磁気浮上方式による風洞実験装置への目途がつくことになる。

大ギャップ風洞実験装置は，自動車技術関係の研究・開発，航空技術関係の研究・開発，高速

鉄道技術関係の研究・開発にとって必要不可欠なものであり、今後の日本の先端産業に必要な不可欠な装置と考えられる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本事業のように、永久電流で励磁した(高温)超電導コイルを磁気浮上システムに用いた例は殆ど無く、新規性、独自性のある事業内容となっている。

超電導コイルを用いることで浮上装置の大型化の検証が行え、超電導永久電流を磁気浮上システムに利用することで(超電導コイル内での)エネルギー損失が全く無い、新しい機器システムが実現可能になる。本事業のように超電導永久電流をメカトロシステムへ応用した例は殆どなく、極めて新規性が高い。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ① 小森望充, 高温超電導軸受とそのアクチュエータへの応用, 第2回低温工学磁気挙動委員会(2018年11月22日, 芝浦工大) 60分講演
- ② M. Komori, A. Minoda, K. Nemoto, K. Asami and N. Sakai, One-axis Controlled Superconducting Magnetic Levitation System Using Persistent Current, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 29, No. 5, Aug. 2019, DOI: 10.1109/TASC.2019.2900573, pp. 1-5.
- ③ M. Komori, A. Minoda, K. Nemoto, K. Asami, N. Sakai, Dynamic Characteristics of Magnetic Levitation Using SC Coil in the Vertical and Horizontal, Asian Control Conference (ASCC) (June 9-12, Kitakyushu, Japan), to be presented.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

https://www.ise.kyutech.ac.jp/integrate/researcher/image/komori_mo04.pdf

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特に無し

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 九州工業大学工学部(キュウシュウコウギョウダイガクコウガクブ)

住 所: 〒804-8550

福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1

担 当 者: 教授(キョウジュ)

担 当 部 署: 先端機能システム系(センタンキノウシステムケイ)

E - m a i l: komori_mk@yahoo.co.jp

U R L: https://research02.jimu.kyutech.ac.jp/html/166_ja.html