

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	内部力補償型磁気吸着ユニットの研究 その2.磁気吸着ユニットの最適設計
Title	
著者(和文)	広瀬茂男, 工藤良昭, 梅谷陽二
Authors	SHIGEO HIROSE
出典 / Citation	第2回日本ロボット学会学術講演会, , 169-170
Citation(English)	, , , 169-170
発行日 / Pub. date	1984, 11
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 1984 The Robotics Society of Japan.

その2 磁気吸着ユニットの最適設計

東京工業大学 工学部 広瀬茂男 *工藤良昭 梅谷陽二

1. まえがき

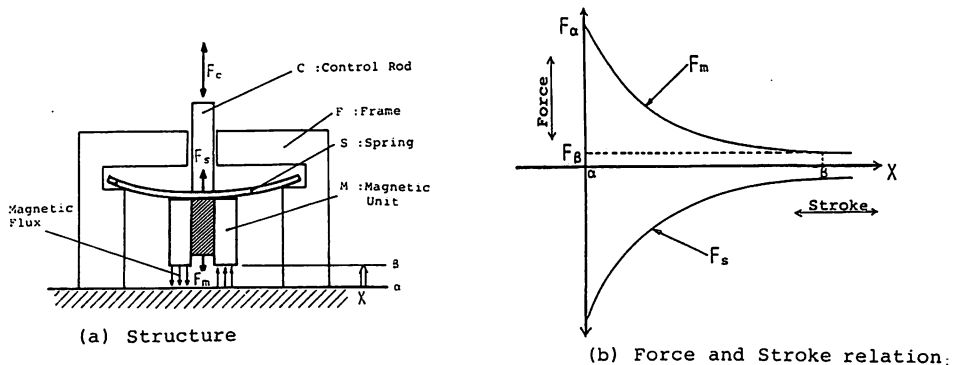
3次元環境中で移動するロボットの壁面吸着ユニットとして、筆者らはすでに内部力補償型磁気吸着ユニット (Internally Balanced Magnetic Unit 略してIBMユニット) を提案した¹⁾。これは、Fig.1(a)のようにマグネットユニットM、多段式非線形バネユニットS、フレームF、そしてコントロールロッドCからなるものであり、スプリング力とマグネット吸着力をFig.1(b)のように全ストロークにおいて一致させることによってマグネットの上下方向の力をバランスさせ、強力な磁気吸着力を微小な力で制御可能としたものである。このIBMユニットについてこれまで基本的設計法を論じた。しかし、実際にこのユニットの特性を最大限に生かすためにはユニット形状パラメータの最適化が必要である。本研究は、これを行なう上での2、3の問題点を論じた後、最適設計手順を具体的に示すものである。

2. 最適設計のための準備

磁気吸着ユニットの最適化設計のためには、任意形状のマグネットの吸着力を誘導し得る理論解析手法がまず必要となる。理論解析の手法としては有限要素法などが考えられるが比較的容易に計算しうる手法として、ここではパーミアンス法を採用した²⁾。これは、マグネット及びその周辺の空間を微小なセグメントに分割しその1つ1つのセグメントに対し集中定数的なパーミアンスを求め、等価回路を作成しそれを解くというものである。筆者らはすでにこのようなパーミアンス法であってもヨーク材に使用している軟鋼 (S45C) の非線形特性を考慮することなどの改善を加えることにより、かなり良い精度で吸着力-間隙特性が計算できることを示した¹⁾。

本研究では、この解析手法によって、最適化についての考察を行なう妥当性を検証するために、まずいくつかの形状のマグネットの吸着力特性を理論的に求め、それを測定実験データと比較してみた。その結果の一部をFig.2に示す。筆者らの提案する改良パーミアンス計算手法によってかなり正確に、多様な形状のマグネットユニットの吸着力-間隙特性が誘導できていることがわかる。なお、ここで磁気吸着ユニットとしてはすでに述べた理由から³⁾1対のヨーク材の間に永久磁石をはさむ形状に限定して論じている。

提案するパーミアンス計算手法の妥当性が、これらの実験より明らかになったので次にこの計算手法を用いて最適設計についての考察を行った。最適設計で大切なのは評価関数に何を选ぶかである。この評価関数のとり方により「最適形状」は大きく異なってくるか

Fig.1 Internally Balanced Magnetic Unit¹⁾

らである。ここでは実際の吸着ユニットを設計することを想定し、次のように「最適形状」を定義した。

「ユニットの奥行長（L）と吸着力（F）が与えられたとき、それを実現する最小の重量（あるいは体積）（W）を与える形状を最適形状とする。」

なお、ここで言う重量とは、実用的な観点からマグネットだけでなくヨーク材も含んだ全ユニット重量である。

以上のような最適形状は、L、Fを適当に定めた後その範囲内で形状パラメータを変え、重量Wの最小値をもたらす形状パラメータを最急降下法で探索することによって求めた。このようにして求めた最適値のうち、実的に予測される形状パラメータの範囲内の値を求めチャート化した表をFig.3(a),(b)にまとめておく。

なお、磁気吸着力の見積りには、吸着面との間隙（x）が大きく影響する。ここでは吸着面の凸凹及び安全率を考慮して、間隙は最大吸着力が得られる $x = 0 \text{ mm}$ ではなく、 $x = 0.5 \text{ mm}$ を想定し計算している。

3. 最適設計の手順

Fig.3を使えば、マグネットの最適設計が容易にできる。その手順は以下のようなものである。

1) マグネットの奥行長L、及び必要とされる吸着力Fを与える。2) この値をFig.3(a)(b)に適用しFig.4に示すH、r、C、Bなどの寸法及び重量W、を読み取る。3) r、Bより b_y 、 b_m が計算され、必要とされるパラメータH、 b_m 、 b_y 、Cが決定される。

例えば、奥行長 $L = 100 \text{ mm}$ で吸着力が $F = 100 \text{ kgf}$ となるユニットを設計してみる。Fig.3(a)より $r = 0.28$ 、 $B = 17.5 \text{ mm}$ と読みとれる。これより $b_y = 4.8 \text{ mm}$ 、 $b_m = 7.9 \text{ mm}$ と計算できる。また、Fig.3(b)より $H = 20.0 \text{ mm}$ 、 $C = 1.0 \text{ mm}$ という値が読みとれ、これが磁気ユニットを最も軽量化する形状を与える。結果として得られるマグネットユニットの重量はFig.3(b)より $W = 0.3 \text{ kg}$ である。なお、この条件で間隙 x を 0.5 mm ではなく 0 mm と想定したときに得られる最大吸着力は、Fig.3(a)より $F_{\text{max}} = 180 \text{ kgf}$ となることもわかる。

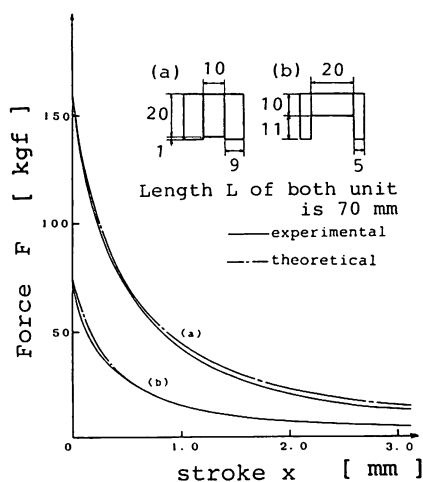


Fig.2 Comparison of experimental and theoretical results of the two types of magnetic unit
(magnet: $B_r=9.0 \text{ kG}$, $H_c=8.6 \text{ kOe}$)

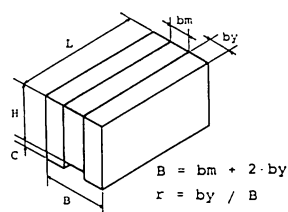


Fig.4 Dimensional parameters of magnetic unit

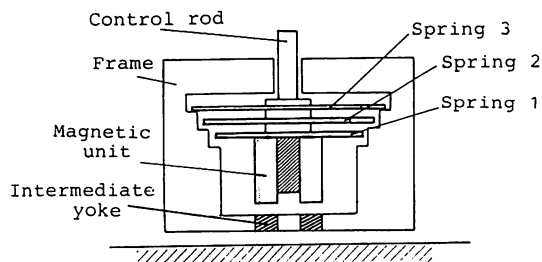


Fig.5 Structure of newly proposed Closed IBM unit