

# 取扱説明書

## μ MAG

### Handheld Digital Magnetometer



Manufactured by  
**Macintyre Electronic Design Associates, Inc.**  
43676 Trade Center Place, Suit 145  
Dulles, Virginia 20166

販売代理店  
株式会社 オプティマ  
〒134-0083 江戸川区中葛西 5-32-8 圭盟ビル  
Tel : 03-5667-3051 Fax : 03-5667-3050  
e-mail info@optimacorp.co.jp  
URL <http://www.optimacorp.co.jp>

目次

	ページ
概要	3
測定について	3
レンジ選択スイッチ	4
プローブの方向	4
アナログ出力	4
オフセット制御	4
電池交換表示	6
ACアダプター	6
保守	6
乾電池の交換	6
校正間隔	7
使用上の注意	7
アプリケーション	7
地磁気	7
荷物の検査	9
ソレノイドの補正	10
単位の変換係数	11
仕様	11
保証	12

## 概要

μMAGは、扱い安い且つ高精度の測定器です。特に補正の必要はなく、電源をいれ、レンジを選択すれば、測定値が3-1/2ディスプレイに表示されます。測定の精度は、測定温度0 ~ 50、フルスケールで±0.5%です。

μMAGには、チャートレコーダやデータ取り込み装置を接続するための、低インピーダンス出力があります。この出力は、デジタルディスプレイと同じ精度と安定性を保証しています。

μMAGは9V乾電池で動作します。μMAGは、MEDA社や他社が提供するACアダプターが使用できます。ACアダプターの説明を参照してください。次の章でμMAGの操作について説明します。その次に一般的な保守について、最後に、よくある測定についての問題の解決方法について述べます。

## 操作について

μMAGの電源スイッチを入れます。(図1参照) 電池が消耗するので、使用後は電源を切って下さい。

アナログ出力

電源スイッチ

レンジ選択スイッチ



図1 μMAG-01

## レンジ選択スイッチ

レンジは、フルスケールがmGで表示されているレンジ選択スイッチで行ないます。(図1参照)レンジを選択すると、アナログ出力のフルスケールレンジが変わり、ミリガウス(mG)の読みの小数点の位置が変わります。

## プローブの方向

表示される測定値は、プローブケースの上に表示されている矢印方向に平行の磁場ベクトル成分の大きさです。縦センサー(longitudinal sensor)の測定軸は、プローブの長辺に平行で、横センサー(Transverse sensor)の測定軸は、プローブの短辺に平行です。測定の正の方向は、プローブケース上に表示されている矢印と同じ方向です。フラックスゲートセンサーエレメントは、プローブケーブルを取り付けるコネクターの反対側の端に取り付けられており、約1インチ平方、高さ0.5インチです。

## アナログ出力

μMAGのアナログ出力は、LCDパネルメーター用信号の低インピーダンスバッファヴァージョンです。デュアルバナナクリップは、μMAGに他の機器を接続するために使用します。この出力を短絡させても、μMAGにダメージを与えること、あるいは表示値に影響を与えることはありません。もしμMAGと外部の装置をつなぐケーブルが6フィート(約1.8m)より長くなる場合は、低抵抗(100~1,000)のケーブルを直列にμMAGの出力につないでください。

出力電圧は、測定レンジ選択スイッチで選択したフルスケールレンジに対して±2Vです。この出力電圧は、±4Vまでですが、±2Vを超えた場合は精度を保證できません。

## オフセット制御

μMAG-01NとμMAG-02Nモデルは、磁場の小さな変化を測定するために、磁場値のオフセット調整機能が付いています。ツマミの一つはオフセットする磁場の極性の選択と、オフセット機能のON/OFFを、もう一つは、オフセットの大きさ0~750mG(最低)を調整するツマミです。大きさの制御ツマミにはゼロ調整後ツマミが回らないようにするためのロック機構が付いています。

### オフセット調整の手順について

1. センサーをしっかりと固定し、動かないように注意します。
2. 極性切り替えツマミをOFFにします。電源をいれレンジ切り替えスイッチを磁場値が表示できる一番感度の良いレンジに設定します。
3. オフセット調整ツマミをゼロにします。パネルメーターに表示される磁場値の極性にあわせてセットします。

## μMAG

---

4. 表示値がゼロになるように、オフセット調整ツマミを調整します。
5. もう一段高い感度のレンジに変更し、ステップ4を再度行ないます。
6. オフセット調整ツマミをロックします。

これで磁場の小さな変化を測定できるようになります。



図2 μMAG-01N

## 電池交換表示

電池の電圧が5.1V以下になると、一番左の小数点が転倒し、電池の残りが少なくなったことを警告します。すぐに電池の交換を行なってください。電池の電圧が低くなると、測定値は表示されませんが、精度は保証できなくなります。

## ACアダプター

μMAGは、MEDA社で用意してある9V出力のACアダプターでも動作します。ACアダプターは、ケースの下の一側面に標準のジャックで接続できます。電池は取り外す必要はありません。

## 保守

μMAGは、ほとんど保守の必要はありません。そしてお客様の補正等も必要ありません。測定器本体は、衝撃に耐えるプラスチックケースに収まっています。LCDディスプレイは、湿らせた布で拭いて下さい。LCDを拭いている間は、圧力を加えないようにして下さい。

センサープローブは水につけてもたぶん大丈夫です。プローブはケースに入っており、センサーケーブルは防水です。

## 電池の交換

測定器本体の裏面の下側に電池が収められています。蓋をスライドさせると開きます。μMAGは一般的な9Vのアルカリ乾電池で動作するように設計されています。他の種類の乾電池でも動作します。下にその乾電池の種類を表示します。

製造元	Part 番号	タイプ
Eveready	No.522	アルカリ
Duracell	MN1604	アルカリ
Eveready	E146X	酸化銀
Duracell	DA146	空気亜鉛
Ultralife	U9VL	リチウム

空気亜鉛乾電池は、アルカリ乾電池の約2倍長持ちします。リチウム乾電池は最も長持ち、アルカリ乾電池の3～4倍長く使えます。

### 校正間隔

μMAGは1年間は仕様を満たします。μMAGの仕様を満たすためには1年ごとに再校正を行なう必要があります。MEDA社は、National Institute of Standards and Technology (NIST)に基づいた校正証明書発行を含む校正を実行することができます。

### 使用上の注意

μMAGは堅牢で信頼のある測定器ですが、性能を維持するための注意がいくつか必要です。

- 磁石などの強い磁場を発生するものの近くにプローブセンサーを置かないで下さい。
- 固いものの上にセンサープローブを落したりハンマー等でたたかないで下さい。内部のセンサーエレメントにダメージを与え、測定結果にエラーやゼロが不安定になります。
- 雨天下での使用で測定器本体がぬれないように保護してください。
- 測定器本体をあけないで下さい。μMAGの校正が無効になりますので自分では決して修理しないで下さい。もし測定器に問題が発生した場合は、MEDAの技術サポートか代理店に連絡してください。

### アプリケーション

μMAGは地磁気の測定、所領の磁気分布の測定、磁気所堀の効果の測定、磁気モーメントの測定、磁性体による汚染の検査、など数多くの測定にご利用いただけます。次に、いくつかの測定例について述べます。

#### 地磁気

我々は地球によって作られる静的磁場の中にいます。方位計(コンパス)というものは良く知られています。コンパスの針はそれ自体磁石です。そして地球の磁場中に置かれるとき地理的な北極に非常に最も近い北の磁極の方を指し示します。コンパスの針が北を指すのは、地磁気がコンパスの針に作用し、針にトルクが生ずることが理由です。このトルクは、針が、針の回転面での磁気ベクトルに沿うように生じます。

コンパスの針はただ地磁気の北を示すのみです。μMAGは、北 - 南、東 - 西と縦ベクトル成分の地磁気ベクトルの方向と大きさの測定に使用できます。次に手順を示します。外で且つ磁性体(鉄やスチールでできているもの)から少なくとも3m程度はなれてください。

1. 非磁性でできた水平の所に一枚紙を貼り、その上にプローブを置きます。
2. レンジを2,000mGに設定し、磁場の読みが0になるまでプローブを回転します。プローブの辺に沿って（矢印と平行な）線を紙の上に引きます。
3. 分度器や直角定規を使い、最初に引いた線に対し90度の線を引きます。この線に沿ってプローブの辺（矢印と平行な）を合わせて、表示された値を記録します。この値が地磁気の水平成分（H）です。
4. プローブの片方を持ち上げ、二つの線が交わった所の平面でプローブのもう片方の端面を、その面の両辺が、交わった線に接するようにプローブを立てます。μMAGの読みを記録します。この値が地磁気の縦方向の成分（V）です。（矢印が上下を向くように立てます）
5. 地磁気の大きさ  $F$  は、 $F = \sqrt{H^2 + V^2}$  で計算します。
6. 仰角  $I$  は、 $I = \arctan(V/H)$  ラジアンで計算します。

紙の上に引いた最初の線は、東-西を向きます。2番目の線は北-南を向きます。仰角は、地磁気ベクトルと水平面との角度です。

Hを測定したときに正になる方向が北磁極です。

表1にアメリカの都市のI、H、V、F、D（偏角）おおよその値を示します。このデータは、米国商務省からの計算モデルを使って求めたものです。偏角は、北極（地理的な）を求めるのに使えます。北極が北磁極の西に位置する場合、極性は正になり、東に位置する場合は負になります。

表1 色々な都市の地磁気成分

CITY	H(nT)	V(nT)	F(nT)	I(deg)	D(deg)
WASHINGTON, D.C.	20,535	49,866	53,929	67	-13
NEW YORK, N.Y.	19,508	51,553	55,121	69	-13
MIAMI, FL	25,721	39,768	47,360	57	-3
CHICAGO, IL	18,643	53,922	57,054	71	-1
DENVER, CO	21,509	50,636	55,015	67	11
SAN FRANCISCO, CA	20,609	49,765	53,854	67.5	19
LOS ANGELES, CA	25,283	42,260	49,246	59	14
SEATTLE, WA	19,208	52,742	56,131	70	20
NEW ORLEANS, LA	24,797	43,902	50,421	61	2
BOSTON, MA	18,881	52,003	55,324	70	-16

H - 水平成分      V - 縦成分  
 F - 磁場の大きさ    I - 仰角  
 D - 偏角



### 荷物の検査

米連邦航空局（FAA）は、荷物の中の磁性体の局所磁場に与える影響が、磁氣的航行装置に作用する恐れがあるため荷物の検査を求めました。μMAG は、この検査に使用され、感度 0.01mG、0.5% の精度は FAA の要求を満たしました。

荷物の幾何学的中心から 15 フィート離れた距離で、荷物により作り出される 5.25mG 以下の磁場の変化を捉えることが求められました。この検査においては、センサーと荷物は、荷物の磁気により影響を受ける磁性体でできた物から離すことが重要です。鉄やスチールでできたものは、センサーや荷物の近くから少なくとも 10 フィート離れていなくてはなりません。建物のコンクリート内の鉄筋は問題です。荷物は少なくとも 3 フィートは床から離す必要があります。

検査員は、体からベルトバックル、腕時計や鍵など測定値影響のあるものを身につけないようにする必要があります。検査中は、検査する荷物以外のものは動かしてはいけません。検査場は、車が通過する道路や駐車から少なくとも 50 フィート離れる必要があります。

検査の方法を次に示します。

1. μMAG のプローブを、床からの高さが、荷物の幾何学的中心とほぼ同じ高さのひじ生地でできた物の上に水平におきます。プローブと荷物をほぼ東西方向に並べます。
2. 荷物を取り去り、プローブを水平面上で、読みが 0.1mG 以内になるまで回転します。オフセット機能を持つ μMAG ならば、プローブの回転の変わりにこの機能を使ってください。測定値を記録します。
3. 検査する荷物をプローブから水平でプローブの上面に記されている矢印の方向に 15 フィート離しておきます。荷物の幾何学的中心をプローブの高さと同じにします。プローブと荷物を結ぶ線は、荷物の一辺に直角にする必要があります。
4. μMAG の読みが変化するまで X 軸で荷物をゆっくり回転し、最大値を記録します。
5. Y 軸及び Z 軸についてステップ 4 を行ないます。もし最大値が 5.25mG を超えていれば、荷物は検査をパスできません。

荷物を取り除き、μMAG の読み値を記録します。もしステップ 2 での値と 0.1mG 以上異なっている場合は再度検査をします。

## ソレノイドの校正

ソレノイドは一番単純で簡単に、均一な磁場を発生させることのできるものの1つです。これは、管類を販売しているお店から購入できる PVC 製などの非磁性のチューブで作ることができます。ソレノイド内部の磁場は、広い空間で均一です。

ソレノイドの中心での磁場は、長さ方向に沿っており、強さ (H) は、

$$H = \frac{0.4 \text{ NI}}{L\sqrt{1+(D/L)}} \text{ Gauss}$$

ここで、I はソレノイドの電流 (Amperes)、N は巻き数、L はソレノイドの長さ (cm)、D はまき線の直径 (cm) です。

磁場の強さは、1 cm 当りの巻き数と電流の大きさとコイルの直径と長さの比によって決まります。1 cm あたりの巻き数は、もしきっちりまく場合は線の太さにあるいは、まき線の間隔に依存します。細長いソレノイドの磁場の強さはコイルの径の変化に大変敏感です。

ソレノイドは μMAG、高精度の電圧計、電源と高精度の抵抗によって校正できます。抵抗は十分な定格負荷のもので校正電流を流したとき抵抗値の変化 0.1% 以下の温度係数のものが必要です。電源は校正中非常に安定していなければなりません。卓上タイプの電源は十分ではありません。電圧は校正中の変化が 10,000 分の 1 以下の安定が必要です。

もしこのような機器がそろったなら、次の校正手順で制度 1% 以下のコイル常数を求めることができます。ソレノイドは、強磁性体そのほかソレノイドの内部磁場に影響のあるものからすくなくとも 3 フィート離す必要があります。

1. μMAG のプローブを、プローブの上面に記されている矢印とソレノイドの長さ方向を平行に、ソレノイドの幾何学的中心におきます。
2. ソレノイドとプローブを、μMAG の読みが 10 nT 以下になるまで回転させます。μMAG のレンジを 2,000mG にします。
3. μMAG の読みが 1,000mG になるように電源を調整します。電圧計の読みを記録します。
4. ソレノイドの電流を逆転するためにソレノイドの結線を繋ぎ換えます。
5. 電源を調整し、電圧計の読みをステップ 4 と同じ値にします。

## μMAG

---

6. μMAG の読みがステップ 3 の極性が反対の約 1,000mG を示しているはずですが。ステップ 3 の値とここでの値を足して 2 で割ります。
7. 電圧計の読みを、この磁場を発生させる電流値を計算するために抵抗値で割ります。
8. ステップ 6 で求めた磁場の強さをステップ 7 で求めた電流で割り、ソレノイド常数を求めます。

電源を外して、μMAG の値を読みます。もしこの読みが 1mG 以上であれば上記の手順を再度行ないます。

### 単位の変換係数

1 Gamma = 1 nanotesla (nT)

1 Tesla =  $10^4$  Gauss

1 Tesla = 1Weber/meter<sup>2</sup>

1 Ampere/meter =  $4 \times 10^{-2}$  Oersted

1 Weber = 1 volt-second

1 Guss/Oersted =  $4 \times 10^{-7}$  Henry/meter

### 仕様

レンジ	± 2000、 ± 200.0、 ± 20.00 フルスケール
分解能	2000 分の 1 (2000mG レンジで 1 nT)
精度	フルスケールの ±0.5%+ ±1 カウント
消費電力 (9V で)	
μMAG-01、 μMAG-02	150mW 最大
μMAG-01N、 μMAG-02N、 μMAG-03	225mW 最大
μMAG-03N	315mW 最大
電源	9V アルカリ乾電池
アナログ出力	± 2V フルスケール
周波数特性	100Hz 標準 400Hz オプション
直線性	フルスケールの 0.05%
重さ	0.425Kg センサーを含む
使用温度	0 ~ 50
ディスプレイ	3 1/2 デジタル LCD

## 保証

この機器に関し、部品及び製造上の欠陥に対して Macintyre Electronic Design Associates, Inc. (MEDA) が保証します。もし購入日から 1 年以内に生じた場合は、最初の購入者が、MEDA（販売代理店）に返送する場合修理します。最初の購入者は全ての輸送費を前払いし、欠陥がこの保証によってカバーされることを証明しなければなりません。モデルとシリアル番号を、サービス（販売代理店）に連絡してください。

故障の原因が不適切な使用法または通常の使用状況でないと判明した場合、修理は有償となります。

どのような場合においても、MEDA の責任に範囲は、不良部品の修理及び交換の費用のみとさせていただきます。MEDA（販売代理店）の責任は、1 年の保障期間の終了とともに完了します。