

簡易型低周波電磁界メータを用いた測定法の誤差検討

Investigation of measurement error by simple low-frequency electromagnetic field meter

○石田 竜太, 佐藤 健, 野中 崇

○Ryota Ishida, Ken Sato, Takashi Nonaka

八戸工業高等専門学校

National Institute of Technology, Hachinohe College

キーワード : EMC (Electro Magnetic Compatibility), ICNIRP, 可視化 (visualization), 低周波 (low frequency)

連絡先 : 〒 039-1192 青森県八戸市大字田面木字上野平 16-1 八戸工業高等専門学校 産業システム工学専攻
電気情報システム工学コース

石田 竜太, E-mail: h29ae01@hachinohe.kosen-ac.jp

1. はじめに

近年普及してきている電気自動車やオール電化住宅、また今後発展していくであろうスマートシティ住宅の開発は世界中で盛んにおこなわれている。しかしながら、設備や機器から発生している電磁界による生体への影響が心配されている。電磁界による生体への影響は Wertheimer と Leeper が 1979 に提唱した、高圧電線下での小児ガンの発生が多くなることを示したものが最初である。その後の研究により、現在は生体への影響に関する閾値が定められており、ICNIRP(国際非電離放射線委員会)によるガイドラインや、総務省による規定が存在している。現在販売されている家電製品などは、この防護基準をクリアしたものが販売されている。しかしながら、電磁界の影響への不安を取り去ることはできていない。そこで先行研究として低周波電磁界分布の測定分布の基礎検討を行った。そして本研

究では低周波電磁界分布の自由走査測定時の誤差の検討を行った。

2. 背景

電磁界による影響、特に生体に関する報告は Wertheimer と Leeper が 1979 年に提唱した、高圧電線下での小児ガンの発生が多くなることを示したものが最初である。²⁾その後、電磁波の影響は世間から注目されるようになった。現在に至るまで数々の研究、調査が行われてきた。その中で電磁波が生体に与える影響としては、刺激効果、熱効果、磁気閃光などが存在することが分かっている。これまでの研究により、生体への影響の閾値が定められており、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) によるガイドラインや、日本独自の防護指針が存在している。ICNIRP のガイドラインは基本制限と参考レベルから成り立っている (Table.1)。このガイドラ

インには、職業的暴露レベルと一般公衆の暴露の区別がある。¹⁾

ガイドラインでは周波数ごとに閾値が定められている。現在日本で用いられている商用電源周波数は 50 Hz または 60 Hz である。この周波数帯域の参考レベルは、50 Hz の場合電界強度 5 kV / m, 磁界強度 1 G であり、60 Hz ではこれらの 6 分の 5 の値になる。他の周波数の場合の参考レベルは以下に示す表から読み取ることが出来る。

防護指針との比較のための測定は数多くされており、安全性の妥当性を評価している。特に身の回りの電磁界の影響についての研究は、実際に生活の中で暴露された電磁界の影響を定量化したものや⁴⁾、誘導加熱器近傍の人体誘導電流の影響についての調査が行われている⁵⁾。電磁界分布を可視化する方法の研究もおこなわれており、実際に可視化が行えている。³⁾

Table 1 ICNIRP ガイドライン 2010

周波数範囲	電界強度 [V/m]	磁界強度 [A/m]	磁束密度 [μ T]	等価平面波電力密度 Seq [W/m ²]
1Hzまで	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1~8Hz	10,000	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8~25Hz	10,000	$4,000 / f$	$5,000 / f$	-
0.025~0.8kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
0.8~3kHz	$250 / f$	5	6.25	-
3~150kHz	87	5	6.25	-
0.15~1MHz	87	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
1~10MHz	$87 / f^{1/2}$	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
10~400MHz	27.5	0.073	0.092	2
400~2000MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f / 200$
2~300GHz	61	0.16	0.20	10

注: fは周波数範囲の欄に示す単位で表される

3. 先行研究

簡易型メータである UHS2-USB を用いて低周波分布の可視化を行うことを目的とした。手動での測定では、リアルタイムに結果を視覚的に分からない、測定に時間がかかるという問題点が存在した。そこでリアルタイムに測定値、

測定位置を取り込み、カラーマップを作成する方法の検討を行った。今回用いた簡易型メータである UHS2-USB (Fig.1) の主な仕様を Table.2 に示す。このメータはシリアル通信を用いて PC 上の測定値を取り込むことができる。



Fig. 1 UHS2-USB

Table 2 UHS2-USB の仕様

センサー	三軸センサーと単軸センサー	
測定レンジ	0.01mG~1999.99mG	
オーバーレンジ	表示「1---」	
対応周波数	三軸	ELFとVLF 13Hz~75KHz (75,000Hz)
	三軸	VLF 1KHz(1,000Hz)~ 75KHz(75,000Hz)
	単軸	ELFとVLF 13Hz~75KHz (75,000Hz)
精度	45Hz~5KHz	$\pm 7\% \pm 1$ カウント (正弦波、30℃以下の条件下で)

また UHS2-USB に赤外線マーカーを取り付けそこから発生する赤外線を、Wiimote の赤外線カメラを用いてトラッキングし位置の同定をおこなった。さらに Wiimote の上にウェブカメラを設置し、測定対象の画像を取り込んでいる。これにより、測定値、測定位置、測定風景画像を用いてカラーマップを作成している。測定システム概要を Fig.2 に示す。

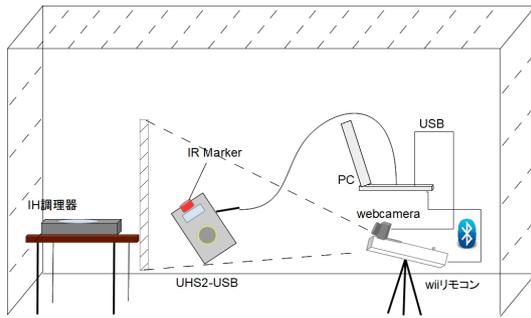


Fig. 2 自由走査測定法の概要

4. 自由走査測定法における誤差の検討

先行研究において UHS2-USB を用いた自由走査の測定環境を構築した。しかしながら、UHS2-USB の構造上各センサが 3 cm 離れて設置されている (Fig.3) ため、測定値への影響を考慮する必要がある。また測定器を素早く走査した場合の測定値と測定位置のずれを考慮しなければならない。そこで本研究では自由走査測定法における誤差の検討として、誤差の低減・対策を行った。

4.1 走査速度による誤差の検討

走査速度による測定値と測定位置の誤差を定量化することを目的としている。今回は測定値と測定位置の許容誤差を 5 cm と定めて検討を行った。測定システムは先行研究で使用したものと同様である。測定機器は UHS2-USB、測定対象は波源のモデル化が容易な交流電気シェーバーとした。

4.1.1 実験方法

測定対象を中心として水平方向に ± 30 cm の区間で測定速度を 0,2,3,4,6 cm/s と変化させて計測を行った。測定風景を Fig.4 に示す。各測定 5 回ずつ行い結果を比較・考察していく。



Fig. 3 UHS2-USB の構造



Fig. 4 誤差検討の測定風景

4.1.2 実験結果

Fig.5～8に各測定結果を示す。各グラフの点は測定値、線は0 cm/sでの結果を示している。グラフからわかる通り速度が上昇すると誤差が測定値のばらつきが大きくなり、誤差が増えていることが分かる。各走査速度での誤差をTable.3にまとめる。表から誤差を5 cmに抑えるためには、速度を4 cm/s以下にする必要があることが分かる。この結果から測定システムに測定システムが4 cm/sより大きくなった際に、警告を出す・値を保存しない等の機能を追加することが必要である。

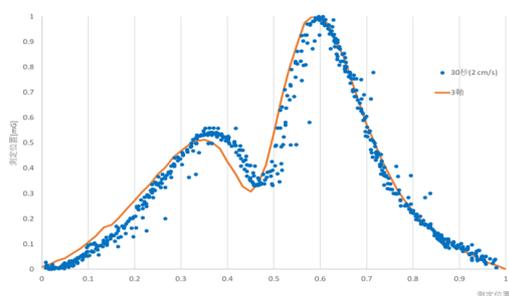


Fig. 5 0 cm/s 及び 2 cm/s での測定結果の比較

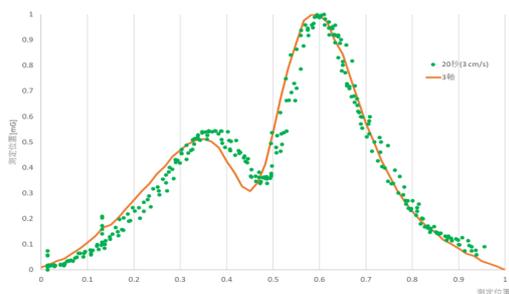


Fig. 6 0 cm/s 及び 3 cm/s での測定結果の比較

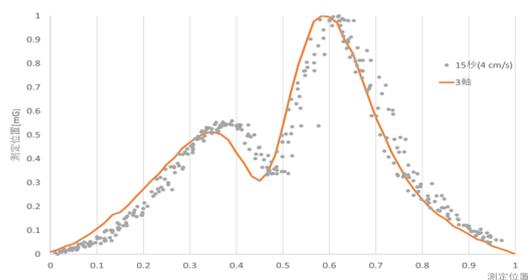


Fig. 7 0 cm/s 及び 4 cm/s での測定結果の比較

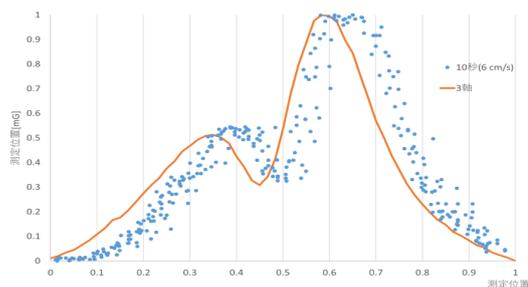


Fig. 8 0 cm/s 及び 6 cm/s での測定結果の比較

Table 3 走査速度による誤差結果

速度	誤差
2 cm/s	1 cm
3 cm/s	2 cm
4 cm/s	4 cm
6 cm/s	8 cm

4.2 機器の向きによる誤差の検討

UHS2-USBの構成により各軸のセンサが離れて設置されている。この特徴により機器の向きによって同じ測定位置であっても値に差が生じる。今回は機器の向きによってどの程度の誤差が生じ、FT3470で取得した値と差が生じるのか比較を行う。FT3470では測定用コイルがx,y,z軸の向きに中心が一致するように巻いてあり、機器の向きによって値が変わらない。FT3470の仕様をTable.4に示す。FT3470は物理強度のほか

に ICNIRP のガイドラインに準拠しており、影響の度合いを相対強度で表示することもできる。



Fig. 9 日置電機社製 FT3470

Table 4 FT3470 の仕様表

磁束密度(帯域)	10 Hz~400 kHz/ 10 Hz~2 kHz/ 2 kHz~400 kHz
曝露レベル	一般公衆/職業
表示	単軸X, Y, Z (2000カウント), 合成実効値R (3464カウント), 磁束密度 (単位: T, G, A/m), 曝露レベル (単位: %)
磁束密度レンジ, 確度	[X, Y, Z軸] 有効測定範囲: 2.000 μ Tから2.000 mT, 4レンジ 確度: $\pm 3.5\%$ rdg. $\pm 0.5\%$ f.s. [R軸] 有効測定範囲: 3.464 μ Tから3.464 mT, 4レンジ 確度: $\pm 3.5\%$ rdg. $\pm 0.5\%$ f.s. [有効測定周波数範囲] 10Hz-400kHzモード時: 50Hz~100kHz 10Hz-2kHzモード時: 50Hz~1kHz 2kHz-400kHzモード時: 5kHz~100kHz
曝露レベルレンジ, 確度	[X, Y, Z軸] 有効測定範囲: 20.00 %から200.0 %, 2レンジ [R軸] 有効測定範囲: 34.64 %から346.4 %, 2レンジ 確度: Smoothed edges 50Hz~1kHzに対し $\pm 3.5\%$ rdg. $\pm 0.5\%$ f.s. 確度: Smoothed edges 1kHz~100kHzに対し $\pm 5.0\%$ rdg. $\pm 0.5\%$ f.s.

4.2.1 実験方法

UHS2-USBには三軸及び単軸での測定モードが存在する。そこで三軸モードで、各軸方向に機器を向けた際の測定値の違いを考察する。また単軸モードでも同様の測定を行う。測定した値をセンサの位置関係から合成し三軸モードでの測定結果と比較する。さらに同位置座標の値を合成した結果をFT3470と比較した。測定機器の向きを Fig.10,11,12 に示す。

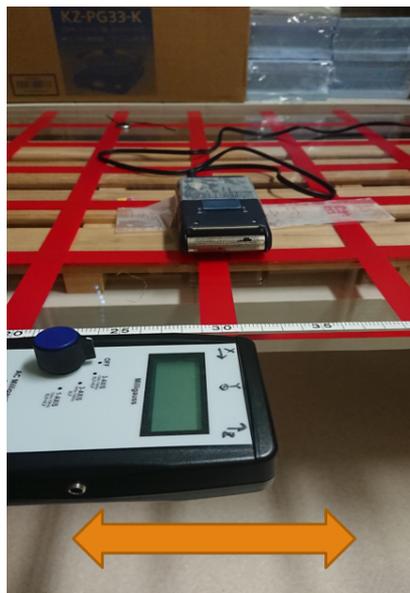


Fig. 10 X 軸方向への計測



Fig. 11 Y 軸方向への計測

4.2.2 実験結果

三軸モード及びFT3470での測定結果を Fig.13 に示す。Fig.13 から Y,Z 軸方向の測定で山が二つあるような分布になっている。また最も FT3470 と値が近かった X 軸方向においても最大値の位置座標がずれている。これは各センサが離れているため、位置座標がずれて値が合成されるためである。

単軸モードでの測定結果を Fig.14 に示す。Fig.14



Fig. 12 Z 軸方向への計測

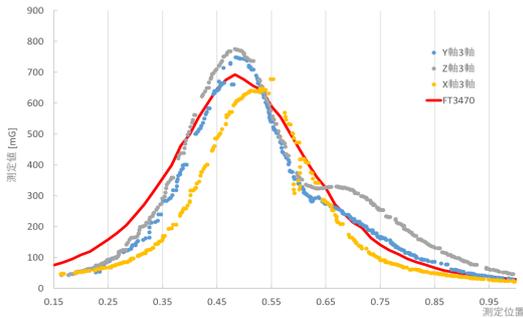


Fig. 13 三軸モード及び FT3470 での測定結果の比較

より測定値は X,Y 軸方向の値が支配的であることが分かる。これは交流式電気シェーバーを単一ダイポールとして近似し、そこから発生する磁束線を考えることで理解できる。X 軸方向は電気シェーバーから手前に発生している磁束線を示しており中央が高くなった。Y 軸は水平方向の磁束線を表しているため、中央が沈み、中央左右に二つ山ができる。Z 軸方向は垂直成分であるため、磁束線は存在しない結果となっている。

センサの位置を考慮し合成した結果と三軸との比較を Fig.15 に示す。合成値はセンサ間が 3 cm ずつ離れていることを考慮して求めた。グラフが似たような形になっていることから、USB2-

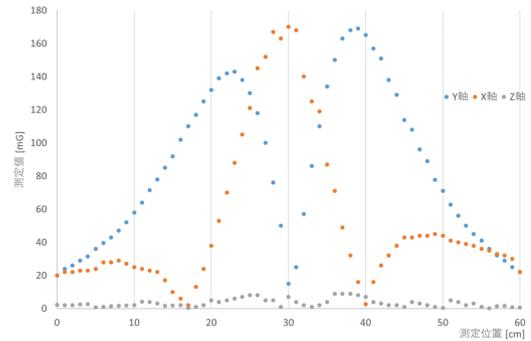


Fig. 14 単軸モードでの各軸の測定値の比較

USB は各センサの合成値を測定値として表示していることが分かる。

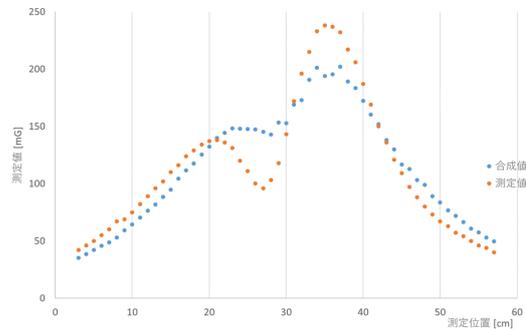


Fig. 15 単軸モードの合成値及び三軸モードでの測定値の比較

次に合成値と FT3470 の比較結果を Fig.16 に示す。グラフの合成値は同じ位置での各センサの値を用いて求めたものである。合成値の立ち上がり及び最大値が、FT3470 に比べ低い値となっている。これはセンサの向きや測定位置のずれによるものだと考えられる。

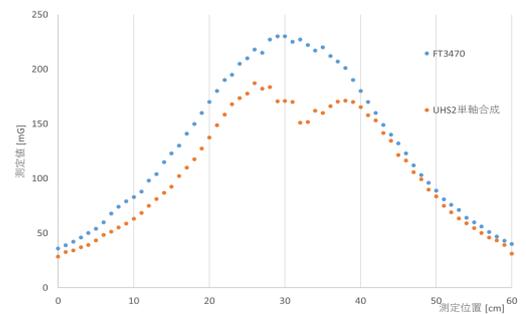


Fig. 16 単軸モードの合成値及び FT3470 の測定値の比較

5. おわりに

本稿では、簡易型メータを用いた低周波電磁界分布の測定誤差検討を行った。その結果、測定速度は 4 cm/s 以下にする必要があることが分かった。また測定機器の向きによって測定値が変化することも分かった。測定機器の向きによる誤差は UHS2-USB の構造によって生じている。今回は単一ダイポールに近似できる測定対象であった為、向きによる誤差がより顕著に生じたと考えられる。波源が分かっている場合は磁束線に沿った方向に機器を X 軸方向に向け走査すると最も誤差が少ない結果を得られることが分かった。今後の展望として UHS2-USB を用いた波源の推定を行っていきたいと思う。

参考文献

- 1) 三浦 正悦, 電磁界の健康影響, 電機大学出版局 (2004).
- 2) 上野 照剛, 岩坂 正和, 重光 司, 生体と電磁界, 学会出版センター (2003).
- 3) 佐藤 健, 自由走査式による電磁界分布測定システムの開発に関する研究, 宇都宮大学大学院工学研究科博士論文 (2012).
- 4) 田中 賢治, 低周波電磁環境の定量化と評価に関する研究, 名古屋工業大学学術機関リポジトリ (2009).
- 5) 鈴木 敬久, 多氣 昌生, 誘導加熱調理器近傍の加熱周波数磁界の測定と人体誘導電流推定, 電気学会論文誌. A, 基礎・材料・共通部門誌 (2005).18.4.25)