

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19700621  
 研究課題名（和文） 身の回りの電磁界・電磁波測定を取り入れた体験型電磁環境教育の検討  
 研究課題名（英文） Study for the experience-based electromagnetic environmental education through measurement of electromagnetic field / electromagnetic waves in the environment  
 研究代表者  
 笠置 映寛 (KASAGI TERUHIRO)  
 別府溝部学園短期大学・家政学部・准教授  
 研究者番号：10310947

## 研究成果の概要（和文）：

身の回りの電磁界・電磁波を測定する活動を通して、電磁界・電磁波、及び電磁環境に対する理解を深めることを目的とした実験教材・教育に関する検討を行った。電磁波の測定実験として、商用周波から紫外線までの波源とその測定法・測定装置の検討を行い、それらをまとめた測定マニュアルを作成した。検討を行った実験教材を使用し、短期大学、小学校を中心に授業実践を行い、体験を取り入れることで理解が深まることが分かった。

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	0	1,800,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	360,000	3,360,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：電磁環境 電磁波 測定実験 環境教育

## 1. 研究開始当初の背景

近年、電子情報技術の急速な発展により、電磁環境の悪化が問題視されている。この問題は、工学分野では早くから認識され、対策技術の開発等、その対策への取り組みは様々な形で行われてきた。一方で、生体への影響も懸念され、疫学研究等が進められ、それをもとに種々のガイドラインが作られている。その一つとして、世界保健機関 WHO では、1996年より国際 EMF プロジェクトを発足させ、静電磁界から 300GHz までの高周波電磁界に対する、がん以外の健康リスク評価作業を行い、その結論として示される環境保全基準が、私

たちの生活に大きく関わるとされている。

これまで研究代表者が短期大学生、高校生に対して行ってきた電磁環境に関する意識調査によると、他の電子機器への影響を含め電磁波、及び電磁環境に対して漠然とした不安を持っているが、身近な問題としてはとらえられていない傾向にあることが分かった。また、一方で、公衆の電磁界の健康影響に対する懸念を受けて刊行された WHO によるファクトシートには、「全ての人が正しい情報を共有し、それを理解し、確かな知識と技術を持って行動することが求められる。」と記されている。

以上のように、電磁環境に対する認識の深まりは広く一般に求められており、これに関して、理科教育、科学教育が果たすべき役割は大きいと考える。しかし、電磁界・電磁波に関する実験教材は、他の環境教育用教材に比べ少なく、特に電磁環境の視点に立った教材は十分ではない。このようなことを背景に、現在、電磁環境に関する実験教材、安価な測定装置、授業内容・方法が求められていると考える。

## 2. 研究の目的

静電磁界、超低周波（商用周波）から、無線周波、可視光線、紫外線までの幅広い電磁界・電磁波を対象とした電磁環境、及び電磁波の物理的性質について総合的に学ぶための実験教材の検討を目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 電磁界・電磁波測定を取り入れた実験教材の検討

各周波数に対応した波源、測定装置、測定方法について、安全に配慮しながら検討を行った。そしてこれらを用いた電磁界・電磁波の測定実験について検討した。また同時に、簡易型測定装置の開発もあわせて行った。

### (2) 授業実践を考慮した電磁界・電磁波測定のためのオンラインマニュアルの検討

電磁界・電磁波測定を行うにあたり、対象とする電磁界・電磁波、その測定に適した測定方法・測定器、その測定メカニズムについて解説したオンラインマニュアルの検討を行った。

### (3) 電磁界・電磁波測定を取り入れた体験型電磁環境教育の実践

検討を行った実験教材を使用し、短期大学、小学校、一般の方を対象に授業実践を行い、実験教材の評価を行った。

## 4. 研究成果

上記研究方法により実施した成果を以下に示す。

### (1) 電磁界・電磁波測定を取り入れた実験教材の検討

各周波数に対応した波源、測定器、測定方法の検討を行った。超低周波からマイクロ波の周波数領域については、PHS、パーソナルコンピュータ基盤、IHクッキングヒーターを用いて、スペクトラムアナライザによる発生電磁界の周波数成分と強度の測定、及び簡易電磁界測定器を用いた電磁波強度の観測と、各機器における発生電磁界強度の距離依存性の測定について検討を行った。

発生電磁波の周波数スペクトルと電磁界

強度の距離依存性の測定には、ループアンテナ（直径1.5cm）、及びスペクトラムアナライザ（ADVANTEST U3751：9kHz～8GHz、Agilent Technologies 8590E：9kHz～3.8GHz）を使用した。

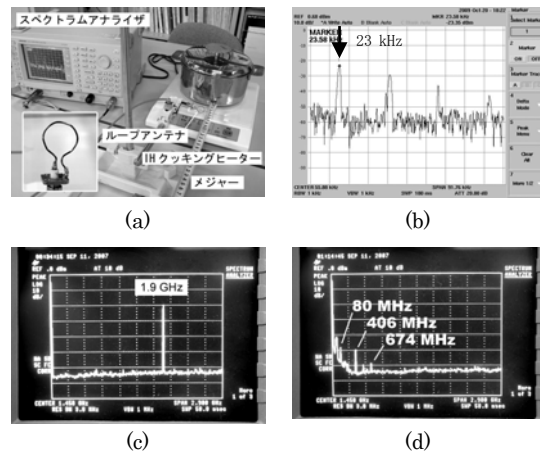


図1 機器から放射される電磁波の測定の様子(a)と周波数スペクトル ((b) IH クッキングヒーター, (c) PHS, (d) パソコン基盤)

図1に各機器から放射される電磁波の周波数スペクトルを示す。IHクッキングヒーターについては、23kHzに最大のピークが見られ、その整数倍の周波数に高調波が見られた。PHSについては、1.9GHzにピークが見られた。パーソナルコンピュータ（CPU：Celeron、動作周波数：550 MHz）の動作時にマザーボードから放射される電磁波ノイズは、80 MHz、406 MHz、674 MHz等に複数のピークが観測された。パーソナルコンピュータ基盤からの電磁波は、電源ラインやコンピュータの動作に伴う電気信号により発生したものと考えられる。

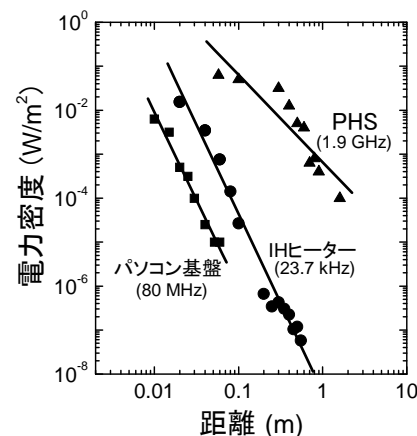


図2 PHS、パソコン基盤、IHクッキングヒーターから放射される電磁波の強度の距離依存性

図 2 に、PHS、パーソナルコンピュータ基盤、及び IH クッキングヒーターから輻射される電磁界強度の距離依存性を示す。縦軸はループアンテナの面積をもとに換算した電力密度 ( $W/m^2$ ) である。また、パーソナルコンピュータ基盤からの電磁波については 80 MHz、IH クッキングヒーターについては 23.7 kHz に見られるピークの強度について測定した結果を示す。いずれの場合も、距離が離れるにつれ強度が弱くなっていることが分かる。

表 1 簡易型電磁界測定器

測定器	レンジ	周波数範囲
Cell Sensor	0~50mG	10~1kHz
	0~10mW/cm <sup>2</sup>	200MHz~1GHz
EMF-823	0~2000μT	30~300Hz
TRI FIELD METER XE	0~100mG	30~100kHz
		50MHz~3GHz

また、同様の測定を、市販されている簡易型電磁界測定器 (表 1) を使用し行ったところ、波源から遠いところでの測定値については、測定器によらずほぼ同じ値を示したが、波源に近づくにつれ、その値に違いが見られた。装置により測定値にばらつきはあるが、対象とする機器からの電磁界周波数にあった観測装置を選ぶことで、電磁波・電磁界の観察を行う実験が構成できることが分かった。また、簡易型電磁界測定器においても、波源から遠ざかるにつれ電磁波の強度が減少する様子を観測することができた。以上のように簡易型測定器を使用することでも、定性的な電磁波の測定実験を校正することが可能である。

マイクロ波領域の電磁波の実験教材として、磁性材料 (シールド材) を用いた実験の検討を行った。ネットワークアナライザを使用した種々の物理量測定を通して、電磁波の物理的性質に関する理解を深めることができる。また、電波吸収体を使用した電磁波の反射・透過実験により、電磁環境に対する意識を高める実験を構成した。

より高周波の電磁波実験として、赤外線、紫外線を対象とした実験教材の検討を行った。赤外線は、人の目には見えないが、デジタルカメラやビデオカメラを使用することで視認することが可能となる。そこで、リモコンや携帯電話の赤外線通信部から発せられる赤外線を撮影し、赤外線に関する視覚教材を作成した。

紫外線については、現在、紫外線に関連する様々な商品が市販されており、例えば紫外線感知ビーズやブラックライト、日焼け止めクリームなどがあげられる。このような紫外線関連商品を利用することで、紫外線の性質や応用について学ぶための実験教材の検討を行った。

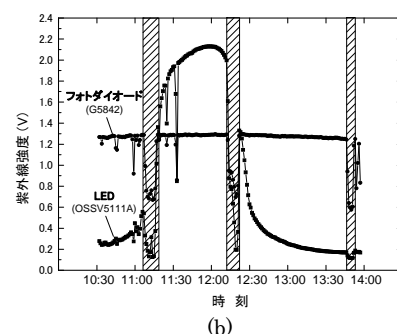
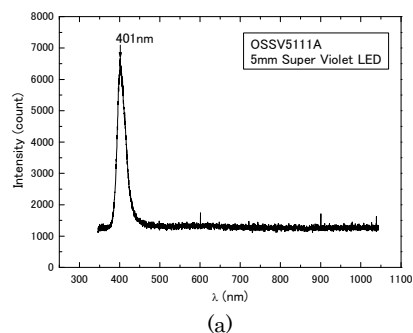


図 3 紫外線 LED の吸収スペクトル(a)と紫外線 LED と紫外線フォトダイオードをセンサとして使用した太陽光に含まれる紫外線の測定結果(b)

また、簡易型測定装置の開発として、紫外線 LED を使用した紫外線測定器の検討を行った。使用した LED (OSSV5111A) は波長範囲 375 ~ 460nm に感度を有する (Fig. 3(a))。Fig. 3(b) に、ある晴れた日の昼間の紫外線量を、LED (3 本並列) と紫外線フォトダイオード (G5842: 感度波長範囲 260~400nm) により測定した結果を示す。LED とフォトダイオードを南上空に向け固定し測定を行った。LED は指向角が狭いことから、正面方向以外では感度が大幅に落ちる。一方、フォトダイオードは受光面が広く、指向角も比較的広い。そのため測定を行う間、ほぼ一定の値を示した。その中でも、図 3(b) に示す斜線部の時間において、紫外線強度の急激な減少が見られた。一方、LED により測定した紫外線強度変化においても、同時刻において紫外強度の減少が同様に見られた。以上のように、指向角を考慮することで LED をセンサとした紫外線測定器を構成することが可能である。

## (2) 授業実践を考慮した電磁界・電磁波測定のためのオンラインマニュアルの検討

電磁環境教育を効果的に行うとともに、電波から放射線までの電磁波の総合的な学習を支援するための e-Learning 教材の作成を行った。e-Learning ツールとしては、NetCommons を使用した。NetCommons は、国立情報学研究所が開発した CMS (Contents Management System) と LMS (Learning

Management System) とグループウェアを統合したコミュニティウェアで、SNS (Social Networking Service) やポータルサイト、e-Learning を容易に構築できるとされている。

内容は「電磁波のしくみ」「電磁波の種類と応用」「電磁波の測定・実験」の3つのカテゴリで構成した。それぞれのカテゴリは、主に「お知らせ」モジュールを使用し、画像やイラスト、GIF アニメーションを多く使用しながら電磁波に関する内容を示した。また、「小テスト」モジュールを使用し、カテゴリの内容を確認するためのテスト問題を設置した。「小テスト」モジュールは、問題を提示するだけでなく、自動的に採点し、結果を解析する機能が備わっている。さらに、利用者の反応や教材の評価を得るために、各カテゴリに「アンケート」モジュールを使用し、教材の内容に関するアンケート調査が行えるようにした。「アンケート」モジュールは、質問を選択式、記述式のいずれかで提示するとともに、その結果を解析する機能が備わっている。

「電磁波のしくみ」カテゴリでは、電磁波の性質を理解するために、電磁波が発見される歴史から、電気、磁気、電磁波の基礎、基本的な波の性質とその表し方、光を例にとった電磁波の特徴についてまとめた(図4)。

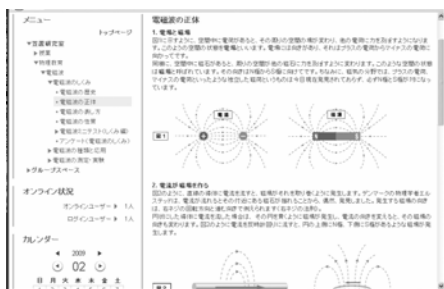


図4 「電磁波の正体」ページ

「電磁波の種類と応用」カテゴリは、それぞれの種類の電磁波について、図や表を使用しながら解説を行うとともに、身の回りにどのように存在し、生活に関わっているのか、また、その物理的性質を利用してどのように応用されているかについて示した(図5)。



図5 「電磁波の種類と応用」カテゴリのスタートページ



図6 スペクトラムアナライザを用いた電磁波測定に関するページ

「測定・実験例」カテゴリでは、様々な種類の電磁波の測定・実験例を示した(図6)。測定・実験の例を示すことで、測定器の使用方法を理解することができ、実際の測定・実験する際の参考になるものと考える。

### (3) 電磁界・電磁波測定を取り入れた体験型電磁環境教育の実践

検討を行った実験教材を使用し、短期大学の科学に関する授業、小学校理科(6年生)、一般の方を対象とした公開講座において授業実践を行った。

短期大学においては、身の回りの電磁界を実際に測定し、電磁環境に対する意識を高める授業において実践を行った。授業では、電磁波に関する簡単な解説を行った後、学生を中心に測定を行った(図7)。授業前後のアンケート結果から、身の回りに電磁波が存在することへの認識が高まり、制限された場所での携帯電話の使用について注意を促す効果があることが分かった。しかし一方で、電磁波の物理的性質の理解にまでは至らないことも明らかとなった。



図7 授業風景

小学校6年生の理科授業、一般の方を対象とした公開講座において、紫外線に関する授業を行った。

種々の紫外線関連商品を紹介するとともに、それを用いた簡単な実験を行った。その後、紫外線測定器を使用し、紫外線測定を行い、日焼け止めクリームの効果などについて実際に検証を行う活動を行った。その結果、紫外線環境に対する関心を高め、紫外線が様々な場所で利用されていることへの認識を高めることができた。その反面、紫外線の物理的性質を理解するためにはさらなる検討が必要であることが分かった。このような結果を受け、受講者の多くが実験に参加できるように、(2)で示した簡易型紫外線測定器の開発を行った。

授業実践の結果、検討した実験教材は、電磁波に対する興味・認識を高めることに寄与することが明らかとなったが、その物理的性質への理解を高めるためにはさらなる検討が必要であり、今後の課題といえる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① 笠置映寛，末永翔一，葛岡孝則，畠山憲一，電磁環境教育における電磁波測定実験の検討，応用物理教育，査読有，第31巻2号，2007，pp.43-48.
- ② 笠置映寛，電磁環境教育のためのe-Learning教材，別府溝部学園短期大学紀要，査読無，29号，2009，pp.45-49.
- ③ O. L. Omondi, T. Tsutaoka, T. Kasagi, K. Hatakeyama, Development of Standing Wave Observation Apparatus for Microwaves Using a Thin Aluminum Waveguide, 科学教育研究，査読有，33巻2号，2009，pp.98-104.
- ④ 笠置映寛，葛岡孝則，畠山憲一，電磁環境教育のための教材研究と短期大学における実践，日本科学教育学会研究会研究報告，査読無，24巻2号，2009，pp.57-62.
- ⑤ 笠置映寛，葛岡孝則，電磁環境教育の一環として行う紫外線教育の検討-小学校理科における授業実践-，別府溝部学園短期大学紀要，査読無，30号，2010，pp.39-45.

[学会発表] (計7件)

- ① 笠置映寛，葛岡孝則，山下雅文，電磁遮蔽材料・電磁波測定技術を利用した電磁環境教育教材の検討，日本エネルギー環境教育学会第2回全国大会，2007年8月8日，高知工科大学.
- ② 末永翔一，岸部安奈，葛岡孝則，笠置映寛，畠山賢一，カーボン燻化 Ni-Zn フェライト粒子分散コンポジットの高周波電磁気特性Ⅱ，日本物理学会第62回年次大

会，2007年9月22日，北海道大学.

- ③ 笠置映寛，末永翔一，葛岡孝則，畠山賢一，金属磁性体粒子分散コンポジットの電気特性に関する検討，日本物理学会第63回年次大会，2008年3月23日，北海道大学.
- ④ 笠置映寛，葛岡孝則，畠山賢一，Dielectric Properties of Permalloy Granular Composite Materials，ELECTROCERAMICS XI，2008年9月1日，Manchester.
- ⑤ 笠置映寛，葛岡孝則，畠山賢一，身近な電気・電子機器から輻射される電磁波の測定と電波吸収体を利用した電磁波実験の検討，第114回日本物理学会九州支部例会，2008年12月6日，福岡工業大学.
- ⑥ 笠置映寛，葛岡孝則，畠山賢一，Complex Permeability Spectra of Permendur Composite Materials，International Conference on Magnetism 2009，2009年7月27日，Karlsruhe.
- ⑦ 笠置映寛，葛岡孝則，畠山賢一，電磁環境教育のための教材研究と短期大学における実践，平成21年度第2回日本科学教育学会研究会・九州沖縄支部会，2009年11月28日，鹿児島大学.

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠置映寛 (KASAGI TERUHIRO)

別府溝部学園短期大学・家政学部・准教授  
研究者番号：10310947