

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 30 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560319

研究課題名(和文) 赤外線トラッキングを用いた電磁界分布の可視化とその応用に関する研究

研究課題名(英文) Visualization of electromagnetic-field distribution using infrared tracking and its application

研究代表者

上村 佳嗣 (Kamimura, Yoshitsugu)

宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：20233950

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：赤外線カメラ(Wiiリモコン)と自作の赤外マーカを用いた赤外線トラッキングによるフリーハンド走査式のリアルタイム電磁界分布可視化システムを開発し、その実証を蛍光灯近傍の高周波電磁界やIH調理器周辺の低周波漏洩磁界に対して行った。

その結果、日常生活で出会う電磁環境の安全性評価をリアルタイムで可視化できる安価なシステムを構築できた。本システムを電磁界の安全性に関する啓蒙・教育活動に適用することで、電磁波が目に見えないことに起因する一般市民の不安を解消することが可能となる。

研究成果の概要(英文)：The real-time electromagnetic-field distribution visualization system of a freehand scanning type by the infrared tracking using homemade infrared marker and infrared cameras (Wii remote) has been developed, and the demonstration for the low frequency leakage magnetic field around the induction heating cooker and for the high-frequency electromagnetic field in the vicinity of fluorescent lamp was performed.

As a result, the affordable systems that can visualize the safety assessment of the electromagnetic environment of meeting in daily life have been implemented.

The anxiety of the general population due to invisibility of the electromagnetic field can be solved by applying this system to enlightenment and the education for the safety of the electromagnetic field.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：電磁環境 電波計測 電波防護指針 電磁界の可視化 自由走査式

1. 研究開始当初の背景

(1) 昨今の携帯通信端末の急速な普及やオール電化住宅の普及、ユビキタスネットワーク社会の発展に伴い、電磁波の健康への影響に対する関心が再び高まってきている。電波防護指針に適合しているかどうかを簡便にチェックする装置も市販されてはいるが、電磁波が目に見えないことによる不安を解消するまでには至っていない。また、電磁環境の把握や波源探査の目的で電磁波源周辺の3次元電磁界分布を大雑把に求めようとしても、電磁界センサを走査するのに多くの時間と人手を費やすか、またはロボットアームなどの大掛かりな走査装置を用いる必要があり、現状ではなかなか容易ではない。

(2) 3次元分布測定で一番重要なのは測定位置の同定法である。従来は、測定結果を座標系の格子に沿って表示することを前提とし、あらかじめ決められた格子点にセンサを走査して測定する方法がとられているが、人が危険領域や波源を探索するような時はそのような格子状にセンサを動かすことはしない。ユーザーインターフェースを考慮すれば、人が自由にセンサを動かしてその位置を自動的に記録し、足りないデータは計算により補間しながら分布表示するほうが自然で望ましい。この、従来法とはまったく**発想を逆転**させることにより思いついたアイデアを実現するため、現在、自由走査式の電磁界分布測定法について研究を進めている。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、日常生活で出会う電磁環境の中で、特に問題視されているIH調理器と、実測で防護指針を越えていることが知られている蛍光灯を例に取り上げ、対象空間に対する防護指針適合性評価をリアルタイムで可視化し面倒な防護指針の適合性評価を簡便に行うためのシステムを提供することを目的としている。さらに、リアルタイム波源探査、低周波磁界ベクトル分布測定への応用により、防護対策を支援する方法について検討する。

(2) 本研究では、まず、ユーザーフレンドリーで簡便に3次元電磁界分布測定を行い、その電磁界を可視化する方法として、従来にはなかった

①フリーハンド走査式の電磁界分布可視化技術

の確立をめざす。すなわち、実画像に測定結果画像をリアルタイムで重ね合わせることにより、センサを装着した棒を人が手で走査するだけで電磁界分布を擬似的に「可視化」できるシステムの構築である。次に、それを

②電波防護指針に適合しない潜在的危険空間の可視化

③低周波磁界ベクトル分布測定

④リアルタイム波源探査

などに応用し、電波防護指針適合性評価の簡便化と対策支援技術の開発を行う。

3. 研究の方法

(1) まず、赤外線マーカと赤外線カメラを用いた赤外線トラッキングによるリアルタイム2次元電磁界分布可視化システムを開発し、その実証を蛍光灯近傍の電磁界に対して行う。

(2) 次に、2台の赤外線カメラを用いた3次元赤外線トラッキングによるリアルタイム3次元電磁界分布可視化システムに発展させ、電波防護指針、ICNIRPの指針などの適合性評価への応用を検討する。

(3) さらに、これらのシステムをIH調理器などの低周波磁界にも適用し、リアルタイム波源探査を行う。また、ジャイロセンサなどの組合せにより磁界ベクトル分布測定を試みる。

4. 研究成果

(1) 赤外線トラッキング方式による2次元電磁界分布の可視化システムを、赤外線カメラ(Wiiリモコン)とWebカメラ、電磁界ドシメータをPCに接続することで実現した。電磁界センサにはIRマーカを張り付けた。システム構成を図1に、実際の測定結果のモニタ画像を図2に示す。

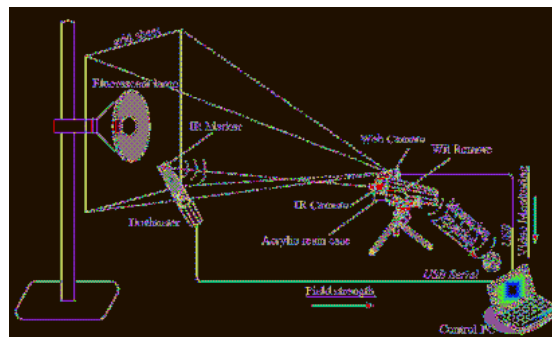


図1 赤外線トラッキング方式による2次元電磁界分布可視化システムの構成

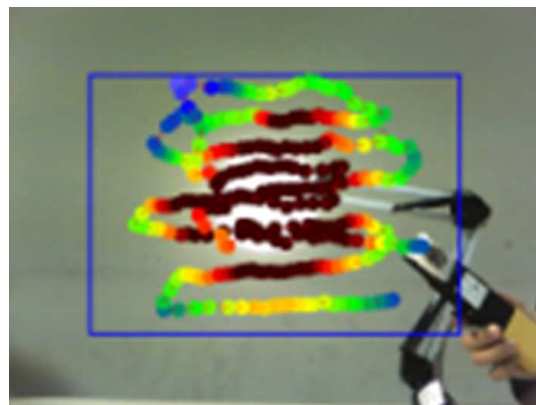


図2 電磁界分布可視化システムの結果画像

図2の青い枠が赤外線トラッキング可能な範囲である。

(2) 赤外線カメラ (Wii リモコン) を2台用いてステレオマッチング方式により奥行き方向もトラッキング可能とした3次元電磁界分布可視化システムを実現した(図3)。電磁界ドシメータにより蛍光灯の電界測定を行った(図4)。

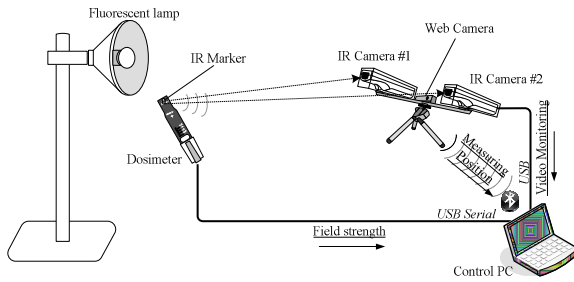


図3 3次元電磁界分布可視化システムの構成

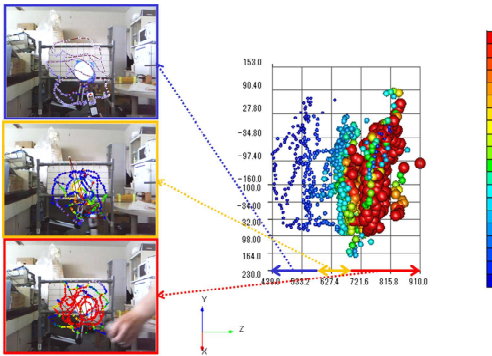


図4 3次元電磁界分布可視化システムの測定結果(電球型蛍光灯)

3次元データをリアルタイムで表示する際に、奥行き方向に領域を3分割して同時表示を行い、特に着目すべきスライスが抽出できるように工夫している。

(3) 赤外線トラッキング方式による低周波磁界分布の2次元可視化システムを構築した。IH調理器周辺の漏洩磁界を測定した。図5にシステム構成、図6に測定結果を示す。

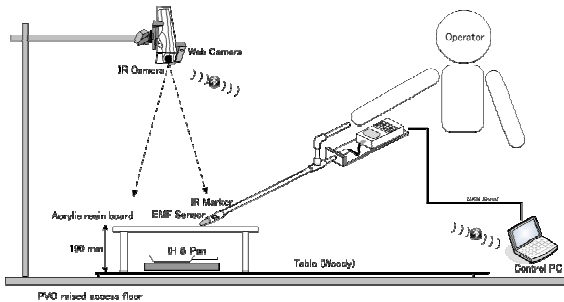


図5 2次元低周波磁界分布可視化システムの構成

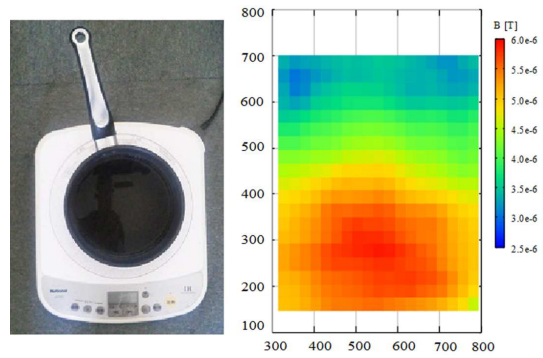


図6 IH調理器の2次元低周波磁界分布の可視化画像

(4) 赤外線カメラ (Wii リモコン) を2台用いてステレオマッチング方式により低周波磁界のガイドライン適合性分布の3次元可視化を行うシステムを実現した。測定器には適合性評価機能を兼ね備えた低周波磁界測定器を用い、IH調理器周辺の漏洩磁界を評価した。結果を図7に示す。図より、鍋にごく近い場所で指針値を超えた領域が存在することが分かる。

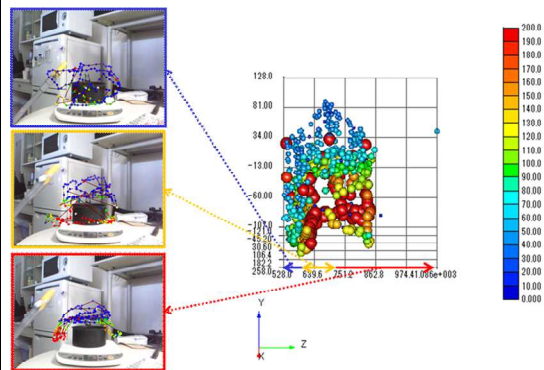


図7 3次元低周波磁界分布のガイドライン適合性評価システムの測定結果(IH調理器)

(5) 時間変動を伴う波源が問題となったため、新たに時間変動電磁界に対応する電磁界分布可視化システムを開発した。ドシメータ2台を用い、1台は位置を固定した変動検出用であり、もう1台で変動電磁界分布を測定する。固定した測定器の変動データを用いて補正し、ピーク時の電磁界分布を推定している。

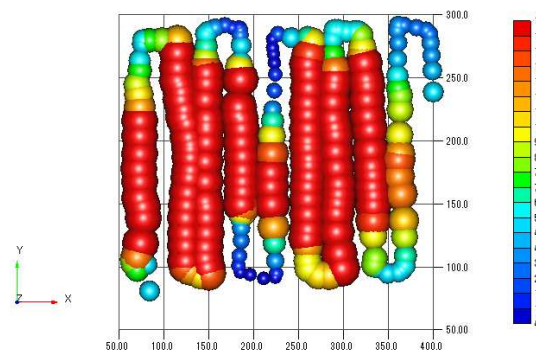


図8 変動なしの場合の2次元電磁界分布の測定結果(電球型蛍光灯)

テスト波源は電球型蛍光灯の電源電圧をスライダックで時間変動させたものを用いた。図 9 が変動電界分布であり、図 10 は変動分を補正した分布である。

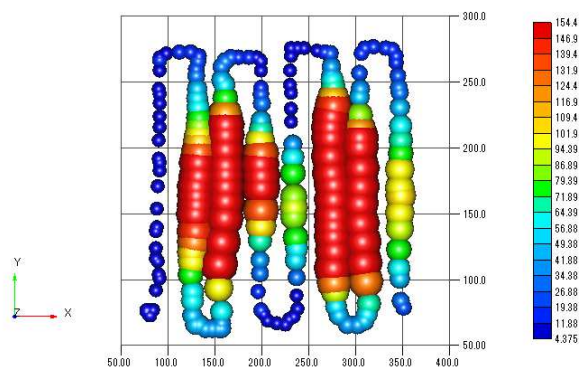


図 9 変動ありの場合の 2次元電磁界分布の測定結果 (電球型蛍光灯)

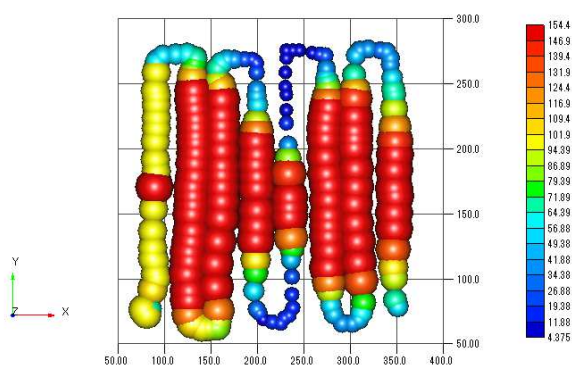


図 10 変動補正後の 2次元電磁界分布の測定結果 (電球型蛍光灯)

結果を比較すると、変動ありの場合とはところどころレベルが小さくなっているが、固定した測定器の値により補正したところ、変動なしの分布に近づいた。

(6) 赤外線深度センサ (Kinect) を用いた電磁界分布可視化システムを構築した。このシステムでは、赤外線マーカは不要で、かつ 1 台で 3次元トラッキングが可能である。ただし、シングルスレッドで処理した場合、電磁界測定データを受け取るたびにトラッキング処理が中断するので、マルチスレッド化を行うことで解決した。

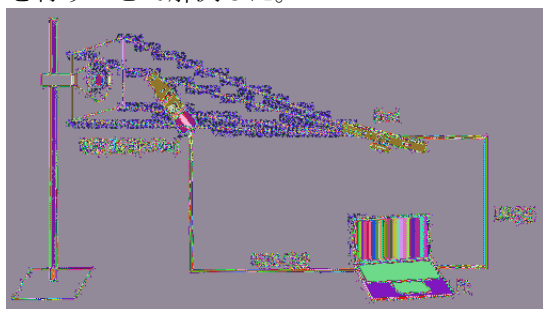


図 11 赤外線深度センサを用いた電磁界可視化システムの構成

(7) 低周波測定器のガイドライン適合性評価機能に関する検証を行った。ICNIRP のガイドラインは 1998 年と 2010 年に改定されているが、1998 年版の適合性試験機能をもつ測定器は当然 2010 年版の基準とは合わないことになる。ただし、3 軸の磁束密度波形を出力する機能があるため、これを利用してデジタルオシロでサンプリングし、計算機処理により新たな基準による適合性評価を行うことが可能である。

実際に、IH 調理器の漏洩磁界を測定し、測定器の各モードの指示値と 3 軸の磁束密度波形から求めた値とを比較した。サンプリング条件を波形の周波数成分にうまく合わせることで、(レコード長 2500 点、4ch の) 比較的安価なデジタルオシロであっても比較的よい精度で測定できることが分かった。ただし、ICNIRP の定める規格に準拠した Stnd 値よりも IEC 準拠の RMS 値のほうが安定して測定できることもわかった。

今後はリアルタイムで計算処理ができるシステムを開発し、電磁界分布可視化技術と組み合わせることで、周波数成分分布をも可視化できる安価なシステムの開発が視野に入ってきた。

(8) 時間変動電磁界への対応と、最近新たに使われ始めた赤外線深度センサ (Kinect) による構成がコンパクトな可視化システムの開発に注力したために、磁界ベクトル分布測定とリアルタイム波源探査の研究遂行が大幅に遅れた。

残された課題は、上記の他により使いやすくするためのシステムの軽量・可搬化と無線化があげられる。これについては、シングルボードコンピュータとタブレット端末を用いたシステムを提案している。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 佐藤健、上村佳嗣、電磁界の計測とその可視化、プラズマ・核融合学会誌、査読無、88 巻、2012、432-436
- ② 佐藤健、川田宏昭、上村佳嗣、自由走査式による電磁界分布測定システムの開発、電子情報通信学会論文誌、査読有、J95-B 巻、2012、293-301

[学会発表] (計 13 件)

- ① Ken Sato, Yoshitsugu Kamimura, A Study on Exposure Level Measurement of the IH Cooker, 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Tokyo, May 12-16, 2014, Tokyo, Japan
- ② 佐藤健、上村佳嗣、可搬性を考慮した自由走査式による電磁界分布測定法、電子情報通信学会 2014 年総合大会、2014 年 3 月 18 日～21 日、新潟大学五十嵐キャ

- ンパス
- ③ 高須良幸、上村佳嗣、佐藤健、Kinect センサを用いた自由走査式電磁界分布測定法、電子情報通信学会 2014 年総合大会、2014 年 3 月 18 日～21 日、新潟大学五十嵐キャンパス
 - ④ 佐藤健、山下翠、上村佳嗣、IH 調理器周辺のばく露レベル測定に関する一検討、電子情報通信学会環境電磁工学研究会(EMCJ2013)、2013 年 10 月 24 日～25 日、東北大学青葉山キャンパスサイバーサイエンスセンター
 - ⑤ Ken Sato, Yoshitsugu Kamimura, A Real-time Measuring Method of 3D EMF Distributions Using the Wiimote, 2013 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2013), Sep.2-6, 2013, Crown Plaza Hotel, Brugge, Belgium
 - ⑥ Ken Sato, Y. Kamimura, A Measuring Method for Time-Varying EM Field Distributions, 2013 Asia-Pacific Radio Science Conference (AP-RASC'13), Sep. 3-7, 2013, Howard International House, Taipei, Taiwan
 - ⑦ 櫻村宜孝、佐藤健、上村佳嗣、Wii リモコンを用いた 3 次元低周波磁界分布測定、電子情報通信学会環境電磁工学研究会(EMCJ2012)、2012 年 12 月 14 日、岐阜大学
 - ⑧ Ken Sato, Yoshinori Kashimura, Yoshitsugu Kamimura, A Measuring Method for 3-D EMF Distribution Using the Wiimote, 5th Pan-Pacific EMC Joint Meeting (PPEMC'12), Nov. 29-30, 2012, Tokyo, Japan
 - ⑨ Ken Sato, Hiroaki Kawata, Yoshinori Kashimura, Yoshitsugu Kamimura, A Measurement of ELF Field Distributions by Using Freehand Scanning Method by Wiimote, EMC Europe 2012, Sep.17-21, Roma, Italy
 - ⑩ Ken Sato, Hiroaki Kawata, Yoshinori Kashimura, Yoshitsugu Kamimura, A Measurement of EMF Distributions Using Freehand Scanning Method by Wiimote, 34th Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society, June 17-22, 2012, Brisbane, Australia
 - ⑪ 佐藤健、川田宏昭、上村佳嗣、Wii リモコンを用いた自由走査式による低周波磁界分布測定、電子情報通信学会 2012 年総合大会、2012 年 3 月 20 日～23 日、岡山大学津島キャンパス
 - ⑫ 佐藤健、櫻村宜孝、川田宏昭、上村佳嗣、Wii リモコンを用いた自由走査式 3 次元電磁界分布測定、電子情報通信学会 2011 年通信ソサイエティ大会、2011 年 9 月 13 日～16 日、北海道大学札幌キャンパス

- ⑬ Ken Sato, Hiroaki Kawata, Yoshitsugu Kamimura, A Measurement Method for 2-D EMF Distributions Using Infrared Tracker, 2011 Asia Pacific EMC Symposium (APEMC 2011), May 16-19, 2011, Jeju, Korea

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上村 佳嗣 (KAMIMURA, Yoshitsugu)
宇都宮大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：23560319

(2) 研究分担者

佐藤 健 (SATO, Ken)
東北学院大学・工学総合研究所・客員教授
研究者番号：40714712
(平成 25 年度より)