

近傍空間磁界可視化システムの実現

著者	松本 拓朗, 鈴木 秀斗, 市原 文夫, 大村 一郎
雑誌名	電力技術/電力系統技術/半導体電力変換 合同研究会
巻	PE-16
ページ	PE-16-044
発行年	2016-03
その他のタイトル	Implementation of Near Magnetic Field 3D Imaging System
URL	http://hdl.handle.net/10228/5744

近傍空間磁界可視化システムの実現

松本拓朗*, 鈴木秀斗, 市原文夫, 大村一郎 (九州工業大学)

Implementation of Near Magnetic Field 3D Imaging System

Takuro Matsumoto*, Shuto Suzuki, Fumio Ichihara, Ichiro Omura (Kyushu Institute of Technology)

A near magnetic field 3D imaging system is developed in this paper. The distance from magnetic field source and the frequency dependency of the magnetic field strength distribution are investigated. As a result, the performance of the proposed system is verified and the specific technique of the effective magnetic field source is examined.

キーワード：近傍磁界, 磁界強度, ノイズ検出, 3次元分布

(Near magnetic field, Magnetic field strength, Noise detection, 3D distribution)

1. はじめに

電子機器から放射される電磁ノイズ(放射ノイズ)が他の電子機器に悪影響を及ぼすことが問題となっており, そのEMC対策のためにCISPRに代表されるノイズ規格が世界中で規格化され強く規制されている^{[1][2]}. 製品の放射ノイズ問題による開発の後戻りや試行錯誤から脱却するためには, 機器近傍の磁界強度の分布を可視化し, ノイズ発生源を特定し対策することが効果的である。

従来の近傍磁界測定システムでは測定できなかった広範囲の空間磁界を測定することで効率の良いノイズ検出を実現し, その効果的対策を実現することを目的とし, 近傍空間磁界可視化システムを提案する。本稿ではシステムの測定性能及び効率的な磁界発生源の特定手法について報告する。

2. 近傍空間磁界可視化システム

システム構成及びその仕様を図1及び表1にそれぞれ示す。本システムは制御用PC, センサ, センサ位置決定用3軸ステージロボット, スペクトラムアナライザから構成されており, 制御にはLabVIEWを用いる。センサの移動に3軸ステージロボットを用いることで, 図2に示す測定空間範囲内を自動測定することができる。さらに, 測定対象物の大きさ等を入力することで対象物を避けて測定することを可能としている。

磁界強度測定にはスペクトラムアナライザ(ROHDE&SCHWARZ社製)を用い, センサには近傍磁界測定用のループコイルセンサ(ETS-LINDGREN社製)を用い, 測定条件に適したセンサ径を選択することができる。

なお, 測定周波数範囲は100kHz~3GHzの間で任意に設定できる。測定した磁界強度はプログラムによって, 周波数ごとに分布を表示することができる。

3. 近傍空間磁界の可視化

〈3・1〉 空間・周波数ごとの近傍空間磁界測定

本システムの測定性能を確認するため, 磁界を放射する位置と放射磁界の周波数が定まっている機器として, 伝送周波数が6.78MHzのワイヤレス給電システムが放射する磁界を測定する。

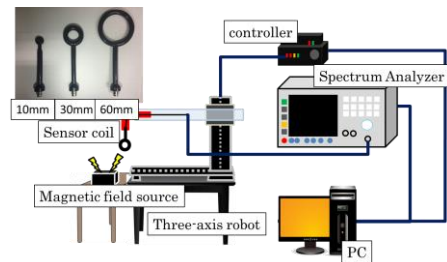


図1 近傍空間磁界可視化システムの構成

Fig.1. Construction of Near Magnetic Field 3D Imaging System

表1 システム仕様

Table1. System specifications

測定範囲	X	800mm
	Y	500mm
	Z	300mm
位置精度	±1mm	
周波数範囲	100kHz~3GHz	
センサ	φ60/30/10mm ループコイル	

給電システムは送信器中央部のコイルより受信器に向けて磁界を放射し、伝送磁界を外部に漏らさないよう表面はシールドを施している^[3]。図3に測定空間を示す。送信器、給電システム間、受信器空間を測定し、送受信器空間は機器を避けて測定を行う。Z-Y平面に対して垂直な方向から見た分布を図4に示す。また、給電システム間においてA、B、Cの座標を決め、送信器からの距離を変えた場合の磁界強度変化を図5に示す。座標はそれぞれ、z軸方向に距離を変化させる。

図4に示す送受信器の磁界強度分布において野線内は給電システムであり、伝送磁界は外部に漏れていないことが確認できる。給電システム間分布において×印はコイルの中心軸であり、磁界強度分布より送信器から放射された磁束の殆どが受信器と鎖交していることが分かる。

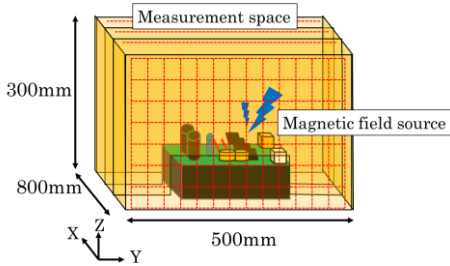


図2 測定可能空間範囲
Fig.2. Measurable range

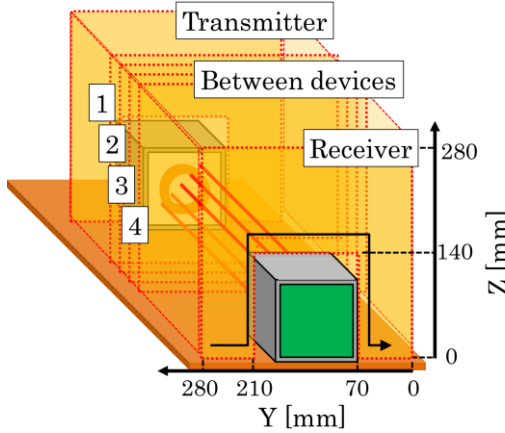


図3 磁界発生源と磁界測定範囲
Fig.3.Noise source and measuring range

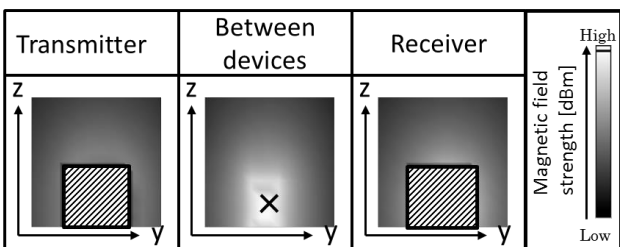


図4 近傍空間磁界強度分布

Fig.4. Magnetic field strength distribution around noise source

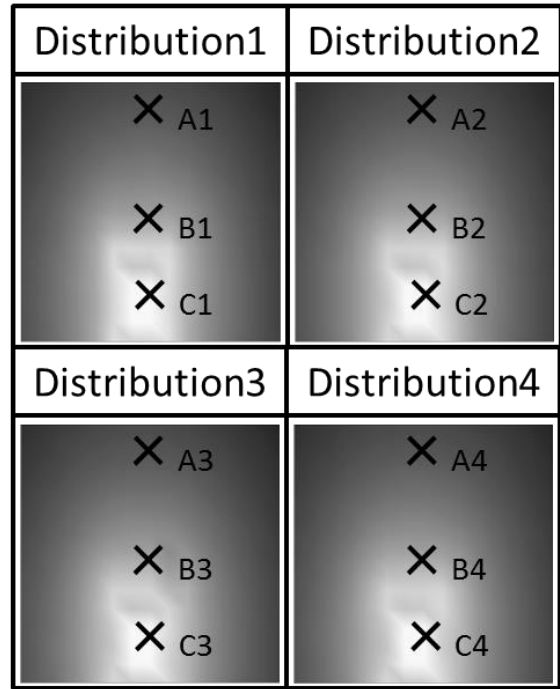


図5 給電システム間の磁界分布

Fig.5. Magnetic field distribution between devices

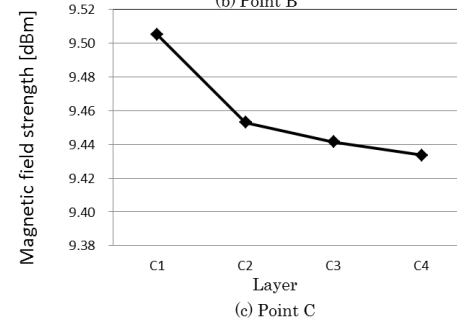
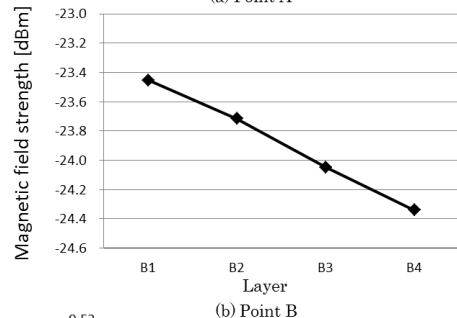
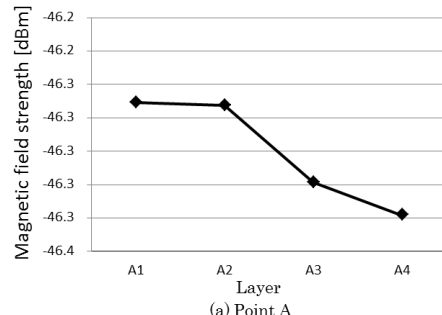


図6 磁界強度の空間位置依存性

Fig.6 .Position dependence of magnetic field strength

図5に示す磁界強度分布において、各層の座標A, B, Cの磁界強度変化を図6に示す。全ての座標で減少傾向が見られ、座標Aでは、A1からA4の間に磁界強度は0.067dBm、座標Bでは0.89dBm、座標Cでは0.071dBm減少している。以上より、送信器のコイルから離れるほど磁界強度は弱くなっていくことが確認できる。

測定周波数ごとの磁界強度分布を確認するため、給電システム間において5MHzから25MHzの周波数範囲で測定を行う。図7に伝送コイル中心軸上での磁界強度の測定結果を示す。伝送周波数である6.78MHzの他に、高調波成分である13.6MHzと20.3MHzにおいてピークが発生しており、磁界強度が高くなっていることが確認できる。図8に各ピーク周波数の磁界強度分布をそれぞれ示す。各周波数で磁界強度分布に濃淡が現れており、広範囲の周波数に対するノイズ検出が可能である。

〈3.2〉 磁界ノイズ検出の効率化

磁界ノイズ検出の効率化を目標に、センサ径、空間分解能を変化させ給電システム間を測定する。

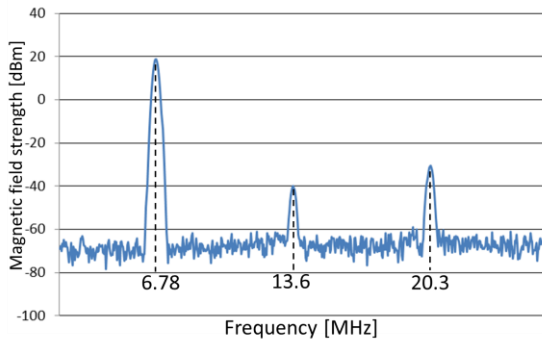


図7 高調波周波数の磁界強度

Fig.7. Magnetic field strength of harmonic frequency

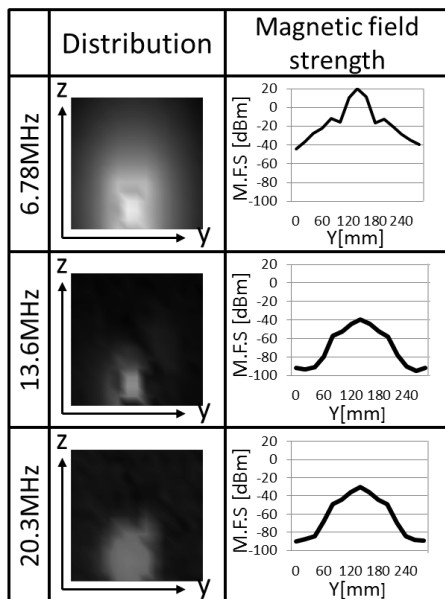


図8 各周波数の磁界強度分布

Fig.8. Magnetic field strength distribution on each Frequency

測定条件と測定時間を表2に、伝送周波数における磁界強度分布を図10にそれぞれ示す。

空間分解能は、図9に示す平面を各辺15分割したものを基準空間分解能とし、高空間分解能、低空間分解能の3通りをφ60mm、φ30mm、φ10mmのセンサでそれぞれ測定する。低空間分解能において、φ60mmセンサで磁界強度分解能が高くなり、φ10mmセンサでは低くなる。一方、高空間分解能においては、φ10mmセンサで磁界強度分解能が高くなり、φ60mmセンサの場合よりも詳細に磁界源を特定できるが、測定時間が長くなることが問題である。以上より短時間での効率的な磁界測定のためには、測定空間を段階的に小さくしていき、測定空間に適した空間分解能と空間分解能に適したセンサ径を選択する必要がある。

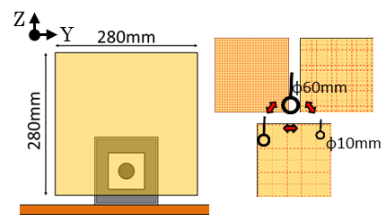


図9 測定空間範囲

Fig.9. Measuring Range

表2 各測定空間分解能と測定時間

Table2. Measuring space resolution and time

空間分解能	高分解能	基準分解能	低分解能
平面分割数 (z)×(y)	30×30	15×15	7×6
測定範囲 (z)mm×(y)mm	280×280		
測定時間	43min	12min	5min

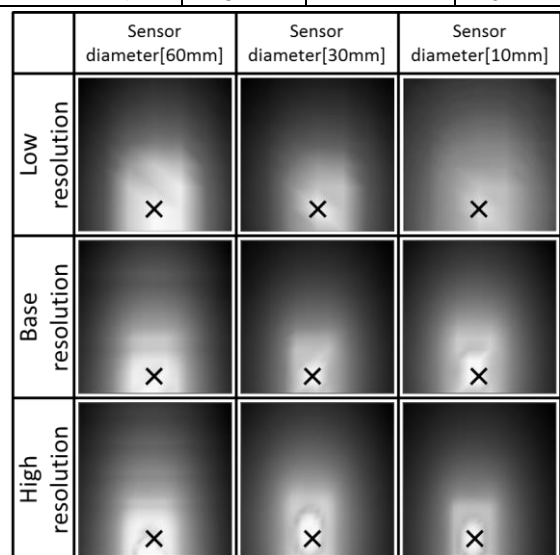


図10 各空間分解能での磁界強度分布

Fig.10. Magnetic field strength distribution on each space resolution

短時間での効率的な磁界測定を検証するために、各径のセンサで段階的に測定空間と空間分解能を変えて測定を行う。まず、大口径のセンサを用い低空間分解能で広範囲の測定を行い、磁界源の大まかな場所を特定する。次に、センサ径及び空間分解能を細かくし徐々に測定範囲を狭め磁界源の詳細な場所を特定する。測定条件と測定時間を表3に、測定範囲と磁界強度分布を図11にそれぞれ示す。段階的な測定により、10分程度と非常に短時間で正確な磁界源の特定が可能であることが確認できる。

表3 各測定条件と測定時間

Table3. Measuring conditions and time

センサ径	φ 60mm	φ 30mm	φ 10mm
測定空間範囲 (z)mm×(y)mm	280×280	150×150	70×70
空間分割数 (z)×(y)	6×6	5×5	5×5
測定時間	5min	3min	2min

4. まとめ

近傍空間磁界可視化システムを提案し、その測定性能を確認するため、磁界を放射する位置と放射磁界の周波数が定まっている機器としてワイヤレス給電システム用いて磁界測定を行った。磁界源からの距離と磁界強度分布の関係及び周波数の関係が明らかになり、提案システムによって広範囲の磁界強度分布が測定可能であることを確認した。さらに、測定空間を段階的に小さくしていき、測定空間に適した空間分解能と空間分解能に適したセンサ径を選択することで短時間での効率的なノイズ検出が実現できた。

文 献

- [1] Ahmed Zeddami, Gautier Avril, Mohamed Tlich, "Electromagnetic environment and telecommunications: towards a cognitive electromagnetic compatibility," Comptes Rendus Physique, Vol.10, pp. 4-12, 2009
- [2] Yang Yinghua, Gao Honglin, Wang Xinhua, Tang Jinfei, "Study on Soft Switching Technology to Reduce Electromagnetic Interference of PWM Inverter," Energy Procedia, vol.17, pp.384-390, 2012.
- [3] Alanson P. Sample, David T. Meyer, Joshua R. Smith, "Analysis, Experimental Results, and Range Adaptation of Magnetically Coupled Resonators for Wireless Power Transfer," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.58, no.2, pp. 544-554, 2011.

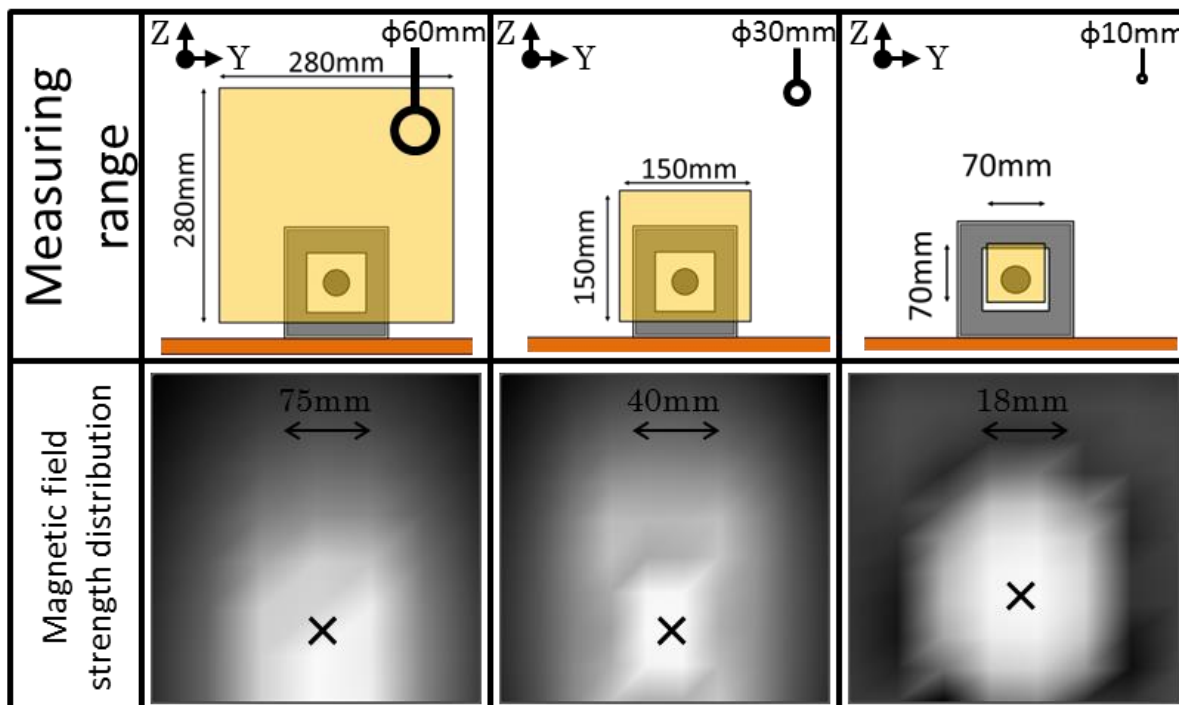


図11 磁界発生源の特定

Fig.11. Specifying of magnetic field source