

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：10101  
 研究種目：基盤研究(C) (一般)  
 研究期間：2015～2017  
 課題番号：15K06007  
 研究課題名(和文) プログラマブル受信フィルタを適用した体内植込み型医療器 EMI 評価装置の研究開発  
  
 研究課題名(英文) Development of novel simulator for active implantable medical device EMI estimation applying programmable filter technique  
  
 研究代表者  
 日景 隆 (Hikage, Takashi)  
  
 北海道大学・情報科学研究科・助教  
  
 研究者番号：30312391  
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：生活環境で使われる無線利用機器による植込み型医療機器への電磁干渉影響(EMI)評価の重要性が高まっている。高精度数値シミュレーション技術を適用した植込み型医療機器EMI測定装置の設計、および受信特性の変更が可能な擬似ペースメーカを内蔵した測定装置の開発、および開発した測定装置を用いた実証実験を実施した。

HF帯からRF帯までの広い周波数範囲において、小型センサを具備する擬似ペースメーカにより取得された干渉信号は、ペースメーカ内部回路およびリードの影響を含むEMI特性を取得可能とした。これら特性の定量的評価結果の報告は国内外においても例がなく、今後の干渉低減技術の検討などへの寄与が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Electromagnetic fields from the wireless technology devices, when they are employed in our living environment, raises concern that they may cause other electronic devices to malfunction due to electromagnetic interference (EMI). The EMI faced by active implantable medical devices (AIMDs) has become a very controversial issue in recent years.

Development of numerical estimation method on AIMDs EMI, development of novel AIMDs EMI simulator equipment that can treat frequency filter characteristics due to internal circuit, and feasibility study for these newly developed EMI estimation technology were carried out in this study.

These expertise can be expected to contribute newly mitigation technique for AIMDs EMI developed in the future.

研究分野：工学

キーワード：体内植込み型医療器 EMI 電磁環境適合性 植え込み型医療機器 電磁界シミュレーション マイクロ波・ミリ波 電子デバイス・機器 安全工学

## 1. 研究開始当初の背景

無線技術利用システムによる他機器への電磁干渉影響調査、特に各種医療機器に対する干渉問題は、早急にかつ継続的に取り組むべき重要な課題となっている。例えば、RFID やワイヤレス電力伝送 (WPT) システムは、来たる高度 IoT 社会においてセキュリティ認証や商品トレース、高性能センサー等に代表される情報サービスのためのフロントエンドとなる重要な技術であり、ユビキタス & ユニバーサルタウンも期待されているが、実現には誰もが安全・安心に利用できる電磁環境基盤 (電磁環境両立性 EMC: Electro-Magnetic Compatibility) の確立が必要不可欠である。特に重要で不可避な課題は、植込み型医療機器 (心臓ペースメーカ/除細動器) に代表される医用機器に関する電磁干渉影響である。心臓ペースメーカや除細動器における障害発生は人命に関わる恐れがあるためであり、電磁干渉影響が機器普及の足枷になった実例もある。我が国において植込み型医療器装着者数は 50 万人以上に達し、今後も増加が見込まれる。世界的にもこれは同様の傾向である。これまでに、携帯電話やワイヤレスカード (非接触 IC カード) システム、RFID (Radio Frequency Identification) 機器、電子商品監視 (EAS: Electronic Article Surveillance) 機器等の無線通信機器について、それらが発射する電波が植込み型医療器に及ぼす電磁干渉影響の懸念から、調査・研究が進められており、利用者に対する指針等が示されている。今後さらに多様化する無線技術の利用・発展のため、綿密な干渉影響評価が必要不可欠である。

## 2. 研究の目的

本研究は、多数の実機試験結果に基づいて得られた被電磁干渉特性を記憶する試験用擬似ペースメーカを開発する。すなわち、書き換え可能な回路技術をもちいて受信フィルタを構成し、これを具備する試験用擬似ペースメーカを開発することで、多数の実機を用いた干渉試験性能を大幅に更新する最高水準の感度と汎用性を両立する干渉測定新技術の創成を目指す。

このような測定装置の提案や報告は、国際的にも未だ為されておらず、先駆性が高い。本研究により、高い効果が実証されれば、より多くの電波環境を評価するための利用が期待される等、高い先導性がある。また、植込み型医療器の電磁干渉影響について、ペースメーカ/ICD 実機を用いることなく実施可能な新測定技術開発を目的とし、極限的な汎用性と測定感度向上を指向している点で本研究は独創的であるとともに、従来行われていない植込み型医療器電磁干渉の要因分析に寄与する試験データを新たに提供可能とするもので、アンテナ工学・電磁波工学・環境電磁工学の分野において学術的にも重要な位置を占める。

RF 帯電波利用機器用を対象とする植込み型医療器電磁干渉試験系の飛躍的汎用化と高感度化を実現するため、以下の 3 項目を主要な目標とする。

(1) 数値シミュレーションを用いたペースメーカ植込み擬似人体による干渉影響評価装置の開発

(2) 書き換え可能回路受信フィルタ適用による擬似ペースメーカの開発

(3) HF 帯から RF 帯干渉特性の基礎検討と開発技術の実証

(1) について、これまで本研究者らが検討を実施してきた干渉影響調査検討に基づき、擬似ペースメーカ内部回路まで拡張した電磁干渉影響評価系 (電波放射源、擬似植込み型医療器までを含む仮想空間) をスーパーコンピュータによる数値シミュレータ内に構築し、送信信号と干渉発生の関係について定量評価を実現し、実機を用いた試験データと擬似ペースメーカ内部回路の相関を同定する。

(2) について、(1) で取得した被干渉特性を再現するため、受信フィルタを設計し、ペースメーカ本体部 (CAN) に内蔵した装置を試作した上で実験により検証し、開発した擬似ペースメーカを含む試験系の妥当性について評価する。

(3) について、(1) および (2) の検討に基づき、被試験機器の電波照射条件を変化させた場合 (植込み型医療器実機により実施済みの各種周波数・信号条件) について評価を実施し、開発した干渉評価技術適用の効果および優位性を明確化する。構築した評価系により取得した干渉特性データを分析し、測定法の規格提案にむけた課題抽出を行う。

研究成果は、電磁干渉評価技術発展への貢献に加え、干渉評価技術の飛躍的適用範囲拡大と干渉要因分析に基づいた緩和技術実現への発展など産業発展への寄与も期待される。今後も、多種多様な発展が期待される電波利用技術の安心・安全に貢献する有用なデータを提供する。

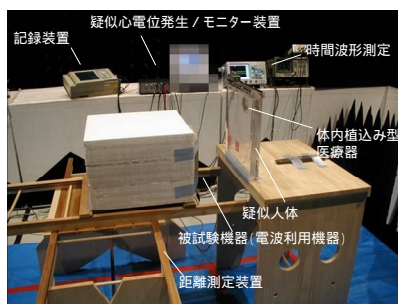
## 3. 研究の方法

高精度な数値シミュレーション技術を活用した電磁干渉測定装置の設計、外部プログラムにより受信特性の変更が可能な擬似ペースメーカを内蔵した測定装置を開発、および開発した測定装置を用いた実証実験の両面から課題に取り組むことを特徴とする。これまでに研究者らが開発した干渉影響評価プログラムを植込み型ペースメーカの内部電子回路まで含めた評価まで機能拡張し、擬似植込み型医療器の受信フィルタ特性設計のための開発ツールを実現する。実機を用いた試験結果から得られている電磁干渉特性について再現するフィルタ特性を実現する受信回路をプログラマブル回路適用により構成し、擬似ペースメーカを含む電磁干渉試

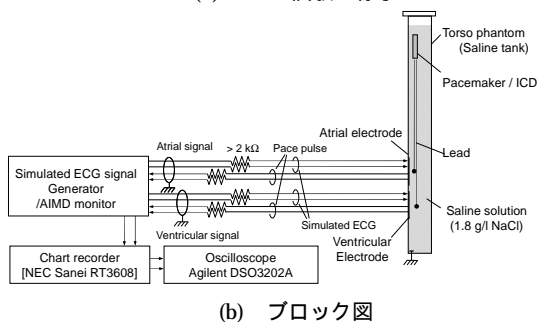
験系を構築する。開発した試験系を用いて、RF 帯の電波利用機器周囲の環境条件を考慮した植込み型医療器電磁干渉特性評価を実施し、実機の測定結果と比較から、新測定技術による試験結果の妥当性、有効性を実証する。

#### 4. 研究成果

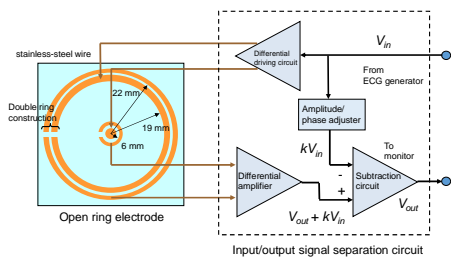
(1) 数値シミュレーションを用いたペースメーカー植込み擬似人体による干渉影響評価装置の開発について、外部から放射されるRF 帯電磁波に起因して、植込み型医療器の受信フィルタ通過後に内部回路で検波される低周波雑音を評価する手法を明らかにした。図1に示す測定系を数値シミュレーションモデルとして再現することにより、動作不具合の発生を高精度に推定可能であることを実証した。評価対象とする電波利用機器の周波数帯に応じて、時間領域差分(FDTD)法あるいは有限要素(FEM)法に基づく数値解析を基とする評価ツールを選択的に適用し、ペースメーカー内部回路のパラメータ設定を変更した場合に、内部回路において生じる干渉誘起電圧を評価可能とした。



(a) EMI 試験の様子



(b) ブロック図



(c) 心房・心室電極

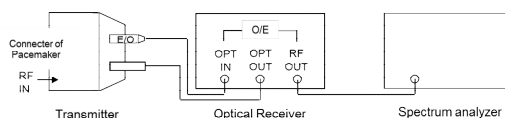
図1. ペースメーカー/ICD 実機の電磁干渉評価試験系

(2) 書き換え可能回路受信フィルタ適用による擬似ペースメーカーの開発について、小型センサー(光接続)を具備する疑似ペース

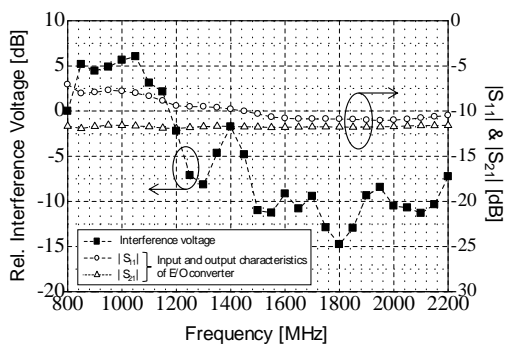
メーカーによる干渉評価系構築し、実人体に植え込まれている状況を高精度に再現した条件下での評価を実現し、さらに同測定系を用いてEMI 周波数特性を明らかにした(図2)。

(3) 干渉特性の基礎検討と開発技術の実証について、HF 帯からRF 帯までを含む広い周波数範囲において、いくつかの電波利用機器を対象として植込み型医療器実機を用いたEMI 評価試験を実施(例えば、表3)した上で、それら試験と同一の条件下で、本研究により開発された評価系で取得された干渉信号との比較を実施した。開発した評価系は、ペースメーカー本体とリードおよび内部回路の影響を含む電磁干渉特性取得をはじめ可能としたもので、実機試験により取得された各種電波利用機器とその周波数帯に応じたEMI 特性を再現する新規の擬似ペースメーカー実現の基礎となるものである。以上の検討結果に基づき、体内植込み型医療器EMI 評価手法に関し、残る課題等を明らかにした。

これら成果について、研究期間中、雑誌論文28件、学会発表14件の公表を行い、さらに2件の図書において一部の内容が掲載されている。本研究の高精度数値シミュレーションおよび測定により得られた植込み型医療器EMI 特性の定量的評価結果は、国内外においても報告例がないものであり、今後の干渉低減技術の検討などへの寄与が期待できる。



(a) 光接続センサーによる疑似ペースメーカー



(b) RF 帯干渉誘起電圧測定結果例

図2. 模擬ペースメーカー装置と周波数特性測定例

表3. WPT 機器を対象とした植込み型医療器EMI 特性評価結果例

WPT device	Frequency	Trans. Power	AIMD-EMI Test result
Mobile, portable application	A	70 kHz	0.2 W
	B	100 kHz ~ 200 kHz	5 W(max)
	C	100 kHz ~ 200 kHz	5 W(max)
	D	100 kHz ~ 200 kHz	5 W x 2
	E	100 kHz ~ 200 kHz	5 W
	F	110 kHz ~ 183 kHz	5 ~ 15 W
	G	110 kHz ~ 210 kHz	1 ~ 15 W
	H	134.5 kHz	1.4 W
	I	200 kHz	13 W
	J	400 kHz	0.4 W
	K	460 kHz	40W(max)
L	6.78 MHz	18.2 W	
EV charging	M	85 kHz	2 ~ 3 kW
	N	85 kHz	3 kW

Blue : Qi certification device

## 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 28 件)

- (1) 日景 隆, 大勝隆平, 井山隆弘, 大西輝夫, 外来電波による植込み型医療機器周辺の局所 SAR 上昇の推定 ~ HF 帯 WPT および 5G 候補周波数帯 ~, 信学技報, vol. 117, no. 466, WPT2017-89, 査読無し, 2018, pp. 105-108.
- (2) Tetsuya Sekiguchi, Takashi Hikage, Toshio Nojima, Numerical Simulations of Implantable Cardiac Pacemaker EMI Triggered by 85 kHz-band Wireless Power Transfer System, proc. of 2017 Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT 2017), D2-S3-05, 査読有, 2017, pp.1-2.
- (3) 進藤 和輝, 松田 映美, 日景 隆, 野島俊雄, 無線電力伝送コイル付植込み医療器と携帯電話電波の複合ばく露における頭部内局所 SAR 推定, 信学技報, vol. 117, no. 241, WPT2017-43, 査読無し, 2017, pp. 41-44.
- (4) Takashi Hikage, Toshio Nojima, and Hiroshi Fujimoto, IN VITRO ASSESSMENT OF IMPLANTABLE CARDIAC PACEMAKER EMI TRIGGERED BY INTERMITTENT SIGNAL OF WIRELESS POWER TRANSFER SYSTEM IN STANDBY MODE, proc. of XXXIInd International Union of Radio Science General Assembly and Scientific Symposium (URSI GASS 2017), K16-4 (Invited), 査読有, 2017.
- (5) Takashi Hikage, Masakazu Yamagishi, Toshio Nojima, Sota Tsuchiya, and Takuya Kawata, Numerical Estimation of Propagation Path Loss for Smart Gas Meters in Built-up Areas Based on Large-Scale FDTD Simulation, proc. of 2017 IEEE AP-S Symposium on Antennas and Propagation and URSI CNC/USNC Joint Meeting (AP-S/URSI 2017), FR-UB.4P.1, 査読有, 2017.
- (6) Masakazu Yamagishi, Takashi Hikage, Minoru Inomata, Motoharu Sasaki, Mitsuki Nakamura, Yasushi Takatori, Numerical Estimation of Radio Propagation Characteristics for 26GHz Band Communication System using Large Scale FDTD Analysis and 3D Laser Scanner, proc. of 2017 Asian Workshop on Antennas and Propagation (AWAP2017), 査読有, 2017, p.96.
- (7) Takashi Hikage, Masakazu Yamagishi, Kazuki Shindo and Toshio Nojima, Active Implantable Medical Device EMI Estimation for EV-Charging WPT System Based on 3D Full-wave Analysis, proc. of 2017 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), 査読有, 2017, pp.87-89.
- (8) Kazuki Shindo, Takashi Hikage, Toshio Nojima, Numerical estimation of SAR enhancement due to implantable vision prosthesis featuring wireless power transfer coil in human head under near- and far-fields exposure conditions, proc. of BioEM 2017, PB-28, 査読有, 2017, pp.522-523.
- (9) Takashi Hikage, Toshio Nojima, Iyama Takahiro, Teruo Onishi, Numerical estimation of frequency characteristics of interference voltage in cellular band for active implantable medical device EMI assessment, proc. of BioEM 2017, PA-13, 査読有, 2017, pp.334-337.
- (10) 日景 隆, 野島俊雄, ワイヤレス電力伝送システムによる植込み型心臓ペースメーカー/ICDへの電磁干渉影響に関する調査例, 信学技報, vol. 117, no. 15, WPT2017-4, 査読無し, 2017, pp. 13-16.
- (11) Takashi Hikage, and Toshio Nojima, 3D Numerical Simulations of Implantable Cardiac Pacemaker EMI Triggered by Electric Vehicle Charging Wireless Power Transfer System, proc. of PIERS 2017 St Petersburg, 査読有, 2017, p.1578.
- (12) Kanji YAHAGI, Naoki TANAKA, Takashi HIKAGE, Shoichi NARAHASHI, and Toshio NOJIMA, Active implantable medical device EMI estimation for EV-WPT system based on 3D full-wave analysis, proc. of 2016 Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT 2016), SA4-2, 査読有, 2016.
- (13) J. Corcoles, E. Zastrow, T. Hikage, Computational electromagnetics for the assessment of electromagnetic fields interactions with active implantable medical devices, proc. of XI Iberian Meeting on Computational Electromagnetics, 査読有, 2016.
- (14) Naoki Tanaka, Takashi Hikage, Juan Corcoles and Toshio Nojima, FEM Simulation of Induced Interference

- Voltage at Implantable Cardiac Pacemaker Due to Wireless Power Transfer in HF-band, proc. of International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016), POS2-103, 査読有, 2016, pp.916-917.
- (15) 田中尚樹, 日景 隆, 野島俊雄, 井山隆弘, 大西輝夫, 電気光変換器を用いた携帯電話周波数帯電波ばく露における植込み型心臓ペースメーカー EMI 評価のための干渉誘起電圧測定系, 信学技報, vol. 116, no. 218, AP2016-96, 査読無し, 2016, pp. 43-46.
- (16) Takashi Hikage and Toshio Nojima, In-vitro Assessment of Electromagnetic Interference Caused by Wireless Power Transfer Device on Active Implantable Medical Devices, proc. of 2016 URSI Asia-Pacific Radio Science Conference(AP-RASC), S-K4-4, 査読有, 2016, p.1087.
- (17) Naoki TANAKA, Takashi HIKAGE, Toshio NOJIMA, FEM Simulations of Implantable Cardiac Pacemaker EMI Triggered by HF-Band Wireless Power Transfer System, IEICE TRANSACTIONS on Electronics, Vol.E99-C, No.7, 査読有, 2016, pp.809-812.
- (18) T. Hikage, T. Nojima, H. Fujimoto, Active implantable medical device EMI assessment for wireless power transfer operating in LF and HF bands, Physics in Medicine and Biology, Volume 61, Number 12, 査読有, 2016, pp. 4522-4536. DOI:10.1088/0031-9155/61/12/4522
- (19) Takashi Hikage, Toshio Nojima, Iyama Takahiro, Teruo Onishi, Novel measurement of interference voltage in cellular band using an electro-optic converter for active implantable medical device EMI assessment, proc. of BioEM, 査読有, 2016, pp.357-360.
- (20) Takashi Hikage, Toshio Nojima, and Hiroshi Fujimoto, Assessment of Electromagnetic Interference Due to Wireless Power Transfer for Electric Vehicle on Active Implantable Medical Devices, proc. of EVTeC & APE Japan 2016, 査読有, 2016, pp.1-5.
- (21) 田中尚樹, 日景 隆, 野島俊雄, LF 帯ワイヤレス電力伝送コイル近傍の植込み型心臓ペースメーカー干渉誘起電圧推定, 信学技報, WPT2015-74, 査読無し, 2016, pp.11-16.
- (22) Naoki TANAKA, Takashi HIKAGE, Toshio NOJIMA, Numerical Estimation of Induced Interference Voltage at Implantable Cardiac Pacemaker Due to HF-band Wireless Power Transfer, proc. of 2015 Asian Wireless Power Transfer Workshop,18, 査読有, 2015, pp.1-4.
- (23) Naoki TANAKA, Takashi HIKAGE, Toshio NOJIMA, Takahiro IYAMA, Junji HIAGASHIYAMA, and Teruo ONISHI, Novel Interference Voltage Sensor Using an Electro-Optic Converter for Active Implantable Medical Devices EMI Assessment, proc. of First PEM International Workshop in Kyoto,FCA-8, 査読有, 2015, pp.1-2.
- (24) Takashi Hikage, Masami Shirafune, Toshio Nojima and Hiroshi Fujimoto, In-vitro Assessment of Electromagnetic Interference caused by Wireless Power Transfer System on Active Implantable Medical Devices, proc. of 2015 Korea-Japan Joint Conference on EMT/EMC/BE (KJJC-2015), 査読有, 2015, pp.45-48.
- (25) 田中尚樹, 日景 隆, 野島俊雄, HF 帯ワイヤレス電力伝送コイル近傍の植込み型心臓ペースメーカー干渉誘起電圧推定, 信学技報, vol. 115, no. 289, WPT2015-51, 査読無し, 2015, pp. 29-32.
- (26) Takashi Hikage, Toshio Nojima, Iyama Takahiro, Junji Higashiyama, Teruo Onishi, Novel measurement set-up using an electro-optic converter for interference voltage of active implantable medical devices EMI assessment, proc. of the annual joint meeting of the Bioelectromagnetics Society (BEMS) and the European BioElectromagnetics Association (EBEA) (BioEM2015), PB-60, 査読有, 2015, pp.441-443.
- (27) 日景 隆, 白船雅巳, 野島俊雄, 藤本 裕, EV 充電用ワイヤレス電力伝送装置による植込み型医療機器 EMI の実験的評価, 信学技報, vol. 115, no. 82, WPT2015-29, 査読無し, 2015, pp. 49-52.
- (28) 田中尚樹, 日景 隆, 野島俊雄, 井山隆弘, 東山潤司, 大西輝夫, 電気光変換器を用いた植込み型医療機器 EMI 評価のための干渉誘起電圧測定系構築, 電子情報通信学会光応用電磁界計測研究会技術研究報告,PEM2015-5, 査読無し, 2015, pp.1-4.
- [学会発表](計 14 件)  
 山岸誠知, 日景 隆, 佐々木元晴, 中村光貴, 鷹取泰司, FDTD 解析を用いた 26GHz 帯での人体遮蔽特性推定”, 2018 年電子情報通信学会総合大会, 2018 年 3 月 20 日, 東京都市大学(東京都)  
 松田映美, 日景 隆, 山本 学, 野島俊雄, 長岡智明, 渡邊聡一, 携帯電話周波数帯におけるネジ穴を考慮した埋め込み金

属プレートによる SAR 上昇推定, 2018 年電子情報通信学会総合大会, 2018 年 3 月 20 日, 東京都市大学(東京都).

近藤 研, 日景 隆, 野島俊雄, "EAS 機器による植込み型医療機器 EMI の実験的評価法" 2017 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2017 年 10 月 28 日, 函館未来大学(函館市).

進藤和輝, 松田映美, 日景 隆, 山本学, 野島俊雄, "2 GHz 帯携帯無線端末使用時における頭部植込み型医療機周辺の局所 SAR 分布に関する偏波依存性" 2017 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会 2017 年 10 月 28 日, 函館未来大学(函館市).

松田映美, 日景 隆, 山本学, 野島俊雄, 長岡智明, 渡邊聡一, "近傍ばく露における埋め込み金属プレートによる SAR 上昇の実験的評価" 2017 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2017 年 10 月 28 日, 函館未来大学(函館市).

佐藤尚樹, 日景 隆, 山本学, 野島俊雄, "3D-FEM シミュレーションを用いた EV 充電 WPT 機器による植込み型医療機器 EMI 評価法の基礎検討" 2017 年 10 月 28 日, 函館未来大学(函館市).

日景 隆, 田中尚樹, 野島俊雄, 井山隆弘, 大西輝夫, "植込み型心臓ペースメーカー EMI 評価のための電気/光変換器を用いた干渉誘起電圧測定系 ~ 携帯電話周波数帯電波ばく露の評価例 ~" 2017 年電子情報通信学会総合大会, 2017 年 3 月 22 日, 名城大学(名古屋市).

橘 友和, 日景 隆, 野島俊雄, "EAS 機器による植込み型医療機器 EMI 試験のための近傍磁界分布評価" 2016 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2016 年 11 月 5 日, 北海学園大学(札幌市).

田中尚樹, 日景 隆, 山本学, 野島俊雄, 長岡智明, 渡邊聡一, "光ファイバセンサを用いた近傍ばく露時の埋め込み金属プレートによる SAR 上昇率評価" 2016 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2016 年 11 月 5 日, 北海学園大学(札幌市).

進藤和輝, 日景 隆, 山本学, 野島俊雄, "2GHz 帯携帯無線端末使用時における頭部植込み型医療器周辺の局所 SAR 推定" 2016 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2016 年 11 月 5 日, 北海学園大学(札幌市).

佐藤尚樹, 日景 隆, 山本学, 野島俊雄, "閉空間内における年齢・性別の異なる数値人体の SAR 推定" 2016 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2016 年 11 月 5 日, 北海学園大学(札幌市).

田中尚樹, 日景 隆, 野島俊雄, 井山隆弘, 大西輝夫, "E/O 変換器を用いた携帯電話周波数帯電波ばく露における植込み型医療機器 EMI 評価のための干渉誘起電圧測定,"

2016 年電子情報通信学会総合大会, 2016 年 3 月 15 日, 九州大学(福岡市).

日景 隆, 野島俊雄, "閉空間における生体電磁環境の安全性評価 電磁界解析に基づくエレベータ内ペースメーカー EMI 推定" 2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2015 年 9 月 10 日, 東北大学(仙台市).  
日景 隆, "ワイヤレス電力伝送システムによる植込み型心臓ペースメーカー/ICD への電磁干渉影響に関する調査例" NICT/EMC-net 第 2 回人体の電磁界ばく露評価研究会, 2015 年 7 月 31 日, 首都大学東京(東京都).

#### [ 図書 ] (計 2 件)

N. Shinohara, H. Matsuki, H. Hirayama, Y. Narusue, Y. Kawahara, T. Ohira, H. Sekiya, A. Massa, G. Oliveri, P. Rocca, N. Anselmi, M. Salucci, Y. Yokoi, S. Koyama, T. Hikage, Inst of Engineering & Technology, Wireless Power Transfer: Theory, Technology, and Applications (Energy Engineering), 2018, 250.

監修: 篠原真毅, 分担執筆: 日景 隆 他, シーエムシー出版, "ワイヤレス電力伝送技術の研究開発と実用化の最前線", 2016, 263.

#### [ その他 ]

ホームページ等

<http://wtmc.ist.hokudai.ac.jp/hikage/records.htm>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

日景 隆 (HIKAGE TAKASHI)

北海道大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号: 30312391