

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月25日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21760302

研究課題名（和文）

高出力伝導電磁妨害による情報機器への障害とセキュリティ評価・対策に関する研究

研究課題名（英文）

A study on evaluation and countermeasure for security of information equipment caused by high power conducted electromagnetic interference

研究代表者

関口 秀紀 (SEKIGUCHI HIDENORI)

大阪大学・大学院工学研究科・特任准教授

研究者番号：80415843

研究成果の概要（和文）：本研究では、電子・情報機器に対して伝導的に妨害を与える高出力電磁環境について調査し、その試験・評価方法の開発を行った。これらの知見を基に、国際電気通信連合 (ITU: International Telecommunication Union) 電気通信標準化部門 (Telecommunication Standardization Sector) における ITU-T K.78: High altitude electromagnetic pulse immunity guide for telecommunication centres、ITU-T K.81: High-power electromagnetic immunity guide for telecommunication systems、ITU-T K.87: Guide for the application of electromagnetic security requirements - Overview の勧告化策定に貢献した。

研究成果の概要（英文）：The present study was conducted to investigate the high power electromagnetic environment that gave the interference to information equipments. The findings in the present study was contributed to recommend ITU-T K.78: High altitude electromagnetic pulse immunity guide for telecommunication centres, ITU-T K.81: High-power electromagnetic immunity guide for telecommunication systems, and ITU-T K.87: Guide for the application of electromagnetic security requirements - Overview in ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：高出力電磁環境、情報通信機器、意図的妨害、セキュリティ、国際貢献

## 1. 研究開始当初の背景

社会経済活動の基盤となっている情報通信ネットワークは、政府機関を始めとして金融・エネルギー・物流・交通等の公共性を有

する各民間機関においても重要な役割を担っている。この重要なネットワークを構成する各種電子・情報機器は、動作時に微弱な電磁妨害波を放射しており、また、その電磁妨

害波が隣接する電子・情報機器に障害（誤動作・故障）を生じさせる場合があることから、通常の使用環境下における電子・情報機器の誤動作・故障を防止する目的で電子・情報機器の Immunity（電磁防護耐性）を向上させる研究が、従来から電磁環境両立性(EMC: Electromagnetic Compatibility)分野で行われている。

一方、近年の無線通信技術の発達により、安価・小型に高出力電磁波送信機を比較的簡単に製作できるようになっている。さらに、近年に至る電子・情報機器の進歩の特徴は、高信頼化、高性能化、高速化、小型化、低電力化となっており、この機器の省電力化は、電子回路内の信号の低電圧化/低電流化となり、相対的に電磁波妨害に対する耐性が弱くなっていると考えられている。

これらのことから、意図的な高出力電磁環境の生成による電子・情報機器の誤動作・故障がセキュリティ面から懸念され始めており、情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS: Information Security Management System)ISO/IEC 27000 シリーズに代表される国際標準化勧告においても、その対策が求められている現状にある。

本研究課題と類似する研究としては、EMC (Electro-Magnetic Compatibility)分野において、米国電気電子学会(IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers)や各種国際会議において、2003 年以降（現在も）、意図的な電磁波妨害 (I-EMI: Intentional Electro-Magnetic Interference)の研究がセッションとして取り上げられており、各種研究事例が報告されている。これらの研究事例においては、主に、電気・電子・情報機器に対する無変調電磁妨害波や電磁パルスによる脅威が報告されており、無変調電磁妨害波の周波数や電界強度、電磁パルスのパルス形状・周波数帯域や電界強度についての議論とその実験・試験設備の開発が進められている。しかしながら、国内において意図的な電磁波妨害(I-EMI)の学術的研究事例報告はほとんどない状況である。

一方、情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS)における意図的な高出力電磁環境の生成による電子・情報機器の誤動作・故障を防止・対策する要求を満足させる技術的要件を策定する目的で、現在、以下の国際標準化組織により、意図的な電磁波妨害 (I-EMI)に対する試験・評価方法および基準値の策定が進められている。

○ IEC TC77 SC77C(International Electrotechnical Commission, Technical Committee 77, Sub-Committee 77 C): High power transient phenomena (参考文献 IEC61000 シリーズ)

○ ITU-T SG5 Q15(International Telecommunication Union, Telecommunication standardization sector, Study Group 5, Question 15): Security of telecommunication and information systems regarding electromagnetic environment (参考文献 ITU-T SG5 Q15 勧告草案)

○IEEE TC-5(Institute of Electrical and Electronics Engineers, Technical Committee 5): High Power Electromagnetics (参考文献 IEEE P1642/1643 D1)

これらの背景から、本研究課題は、電磁環境に起因する情報セキュリティ（安全性）を評価、対策するために国際的に新たな研究分野となっている。

## 2. 研究の目的

本研究では、電子・情報機器に対して伝導的に妨害を与える高出力電磁環境について検討を行い、情報セキュリティの観点からその試験・評価方法を開発することを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究課題では、これまでに高出力無変調放射電磁妨害波による情報機器の誤動作・故障の実態調査（実験）を行い、電磁妨害波が情報機器を誤動作・故障させることを確認した。この際、情報機器に接続される通信線や電源線が電磁妨害波の受信アンテナとなりコモンモード電流を誘導し、情報機器が誤動作・故障を生じることを確認した。また、情報機器の誤動作・故障は、その情報機器の動作信号周波数付近を含む不規則な分布傾向を示すことを確認した。

そこで、広周波数帯域のインパルス性電磁妨害波を用いた試験設備の開発を行った。本方法は、妨害電磁波の不規則な分布傾向を効率的に試験する方法となる。図 1 は、開発したインパルス放射・受信システムの概要を示す。本試験設備では、インパルス性電磁妨害波を放射するため、高帯域の電磁妨害波を高利得で照射可能な半パラボラ反射板型インパルス放射アンテナ(HIRA)と、急峻な立ち上がりを持つ高出力パルス発生器を開発した。図 2 は、開発した HIRA を示し、表 1 は開発したパルス発生器の性能を示す。また、受信アンテナは、半 TEM ホーンアンテナを用いた。図 1 に示すインパルス放射・受信システムを用いて、インパルス性電磁妨害波を放射、受信した結果を図 3 に示す。この実験結果から、開発したインパルス放射システムは、約 100ps の立ち上がりを持ち、その主成分は低周波から約 7GHz までの帯域であることを確認した。本インパルス放射システムは、電

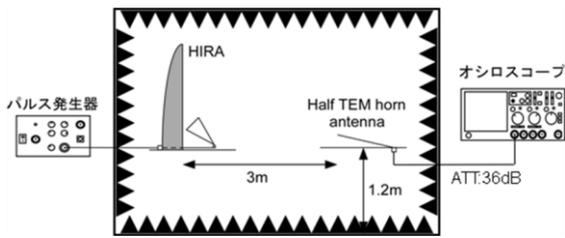
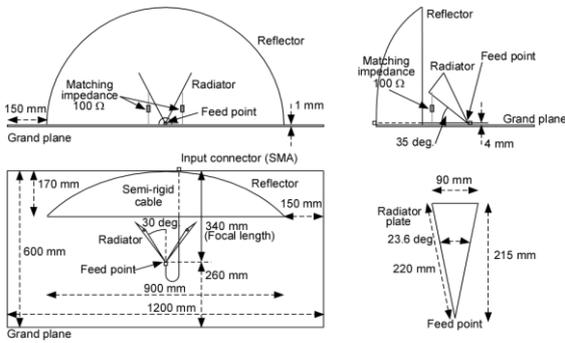


図1 インパルス放射・受信システム



(a) 外寸



(b) 外観

図2 開発した半パラボラ反射板型インパルス放射アンテナ

子・情報システムの電磁妨害波試験設備として有用なシステムとなる。

#### 4. 研究成果

(1) 本研究課題における実験結果から、二波の相互変調による電磁妨害が電子・情報機器の誤動作・故障に対して大きな脅威になる可能性がある。つまり、通信線・電源線に誘起しやすい周波数を搬送波として、電子・情報機器の動作信号周波数付近の周波数を変調信号とすることにより、機器の通信線・電源線に搬送波を効率的に受信させ、その変調信号を機器の回路内の非線形素子を通過させて機器を誤動作・故障させる手法である。本手法は、電子・情報機器の電磁妨害波試験として有効となる可能性があることから、特許出願を行った。また、本試験設備を現在開発中である。

(2) 本研究課題において開発した電子・情報

表1 開発したパルス発生器の性能

出力インピーダンス	50 Ω
最大ピーク電圧	3kV 以上
パルス立上り時間	約 100ps
パルス半値幅	約 4ns
パルス繰り返し周波数	最大 800Hz

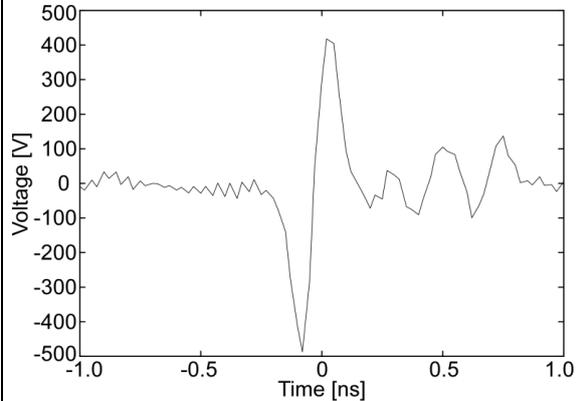


図3 インパルス放射システムの時間領域受信波形

機器に対する電磁妨害波の試験を可能とするインパルス放射システムの概要およびその各種諸特性については、各学会・研究会で発表を行った。また、意図的電磁妨害による電子機器の誤動作・故障に関する問題は、近年セキュリティ面から注目されており標準化策定が進められている。このため、電磁妨害による電子機器の障害発生メカニズムとその対策概念、および国際標準規格化動向についての解説を学会誌・専門誌に掲載した。今後は、本方法の試験機関への展開を目指す。

(3) 本研究課題から得られた知見を基に、ITU-T、Study Group 5、課題 15:「電磁環境に起因する情報通信装置のセキュリティ」の Associate Rapporteur として、国際電気通信連合 (ITU: International Telecommunication Union) 電気通信標準化部門 (Telecommunication Standardization Sector) における ITU-T K.78: High altitude electromagnetic pulse immunity guide for telecommunication centres、ITU-T K.81: High-power electromagnetic immunity guide for telecommunication systems、ITU-T K.87: Guide for the application of electromagnetic security requirements - Overview の勧告策定に寄与した。今後は、現在策定中の意図的電磁妨害に対する緩和法の勧告策定に貢献する。

(4) 本研究課題の成果および電気学会「電磁

波・情報セキュリティ技術調査専門委員会」幹事としての知見を基に、オーム社から、「電磁波と情報セキュリティ対策技術」と題する書籍を発行した。本書籍は、意図的電磁波妨害の脅威、評価方法、対策技術の現状と課題を総合的に把握し、脅威の調査、実態、メカニズム、試算方法、対策技術等の技術的な検討を体系的にまとめ、社会に対してこれらの脅威に対する対策を速やかに実行できる情報源として有用な文献となっている。今後は、本書籍の内容の情報発信を行っていく。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 関口秀紀、瀬戸信二、「電磁現象に起因するセキュリティ問題」、電磁環境工学情報 EMC、査読無、No. 268、2010年、pp. 42-59
- ② 関口秀紀、瀬戸信二、「電磁波・情報セキュリティ—高電力電磁妨害に起因する情報・通信機器の障害—」、電子情報通信学会誌、査読無、Vol. 92、No. 9、2009年、pp. 802-804

〔学会発表〕(計4件)

- ① 関口秀紀、「高電力電磁環境試験システムの検討」、電気学会 電磁環境研究会、2010年11月2日、岩手・日本
- ② Hidenori Sekiguchi, Shinji Seto, Tetsuya Tominaga, "Performances of a Prototype Impulse Radiation System in Japan", 2010 14th International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics & the American Electromagnetics Conference, 2010年7月6日、Ottawa・Canada
- ③ 関口秀紀、瀬戸信二、「インパルス放射システムの検討」、電子情報通信学会 環境電磁工学研究会(EMCJ)、2010年1月21日、沖縄・日本
- ④ 関口秀紀、瀬戸信二、「半パラボラ反射板型インパルス放射アンテナ(IRA)の試作」、電子情報通信学会 2009年ソサイエティ大会、2009年9月18日、新潟・日本

〔図書〕(計1件)

- ① 電気学会電磁環境情報セキュリティ技術調査専門委員会(関口秀紀、他)、オーム社、「電磁波と情報セキュリティ対策技術」、2012年、232頁(p. 7-p. 20、p. 25-p. 33、p. 45-p. 59、p. 129-p. 152)

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

- ① 名称：負荷印加装置ならびに試験方法  
発明者：瀬戸信二、関口秀紀  
権利者：(独)情報通信研究機構  
種類：特許権  
番号：特願 2009-264526

出願年月日：2009年11月20日  
国内外の別：国内

〔その他〕

(1) 国際標準化勧告への寄与

- ① ITU-T K.87: Guide for the application of electromagnetic security requirements - Overview、2011年、Associate Rapporteurとして原案作成・勧告化へ寄与
- ② ITU-T K.81: High-power electromagnetic immunity guide for telecommunication systems、2009年、Associate Rapporteurとして原案作成・勧告化へ寄与
- ③ ITU-T K.78: High altitude electromagnetic pulse immunity guide for telecommunication centres、2009年、Associate Rapporteurとして原案作成・勧告化へ寄与

(2) 学会および社会における活動

- ① 2009年4月～2010年3月：電気学会「電磁波・情報セキュリティ技術調査専門委員会」幹事
- ② 2009年4月～2010年10月：国際電気通信連合電気通信標準化部門(ITU-T: International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector)、Study Group 5、Question 15: Security of telecommunication and information systems regarding electromagnetic environment、Associate Rapporteur

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関口 秀紀 (SEKIGUCHI HIDENORI)  
大阪大学・大学院工学研究科・特任准教授  
研究者番号：80415843