

国際技術獲得型研究開発プログラム

情報通信ネットワークインフラにおける
悪意ある電磁波攻撃に対する
評価および防護技術に関する研究

東京都市大学
日本電信電話(株)
東日本電信電話(株)
(独)情報通信研究機構

日本電信電話株式会社情報流通基盤総合研究所
富永 哲欣

研究メンバー

研究代表者:

徳田 正満(東京都市大学)

研究分担者:

○日本電信電話(株)

富永 哲欣

小林 隆一(H20.4~H21.3)

鈴木 康直(H20.4~H21.3)

○東日本電信電話(株)

高谷 和宏

柰師 健太郎(H21.4~H22.3)

奥川 雄一郎(H21.4~H22.3)

○(独)情報通信研究機構

瀬戸 信二

関口 秀紀

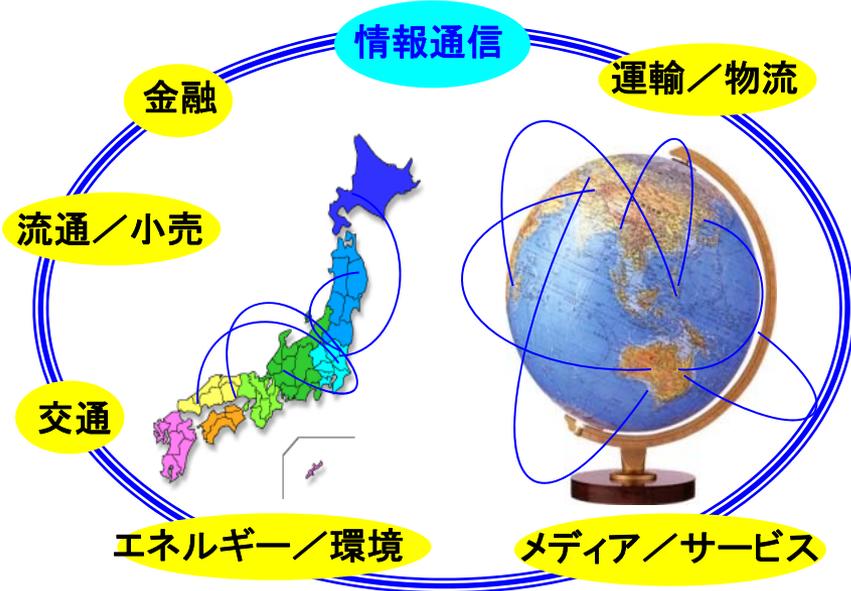
山村 明弘(H19.4~H20.3)

滝澤 修(H20.4~H21.3)

田中 秀磨(H20.4~H21.3)

研究課題背景

情報通信は社会活動基盤の1つ



ICT安心安全 (Security and Safety) 技術戦略:
セキュアな情報通信ネットワークインフラの構築

情報セキュリティマネジメントシステム:
ISO/IEC 27001, ISO/IEC 27002

ITU-T X.1051

Information Security

Physical Security



Electromagnetic Security

研究課題領域

セキュアな情報通信ネットワークインフラの構築にむけて・・・

ITU-T X.1051: Electromagnetic Securityへの対応

Annex A Telecommunications Extended Control Set

A.9 Physical and environmental security

c) a site whose environment is least susceptible to damage from strong electromagnetic field should be selected for communication centers; where a site is chosen that is exposed to strong electromagnetic fields, appropriate measures should be taken to protect telecommunications equipment rooms with electromagnetic shields;

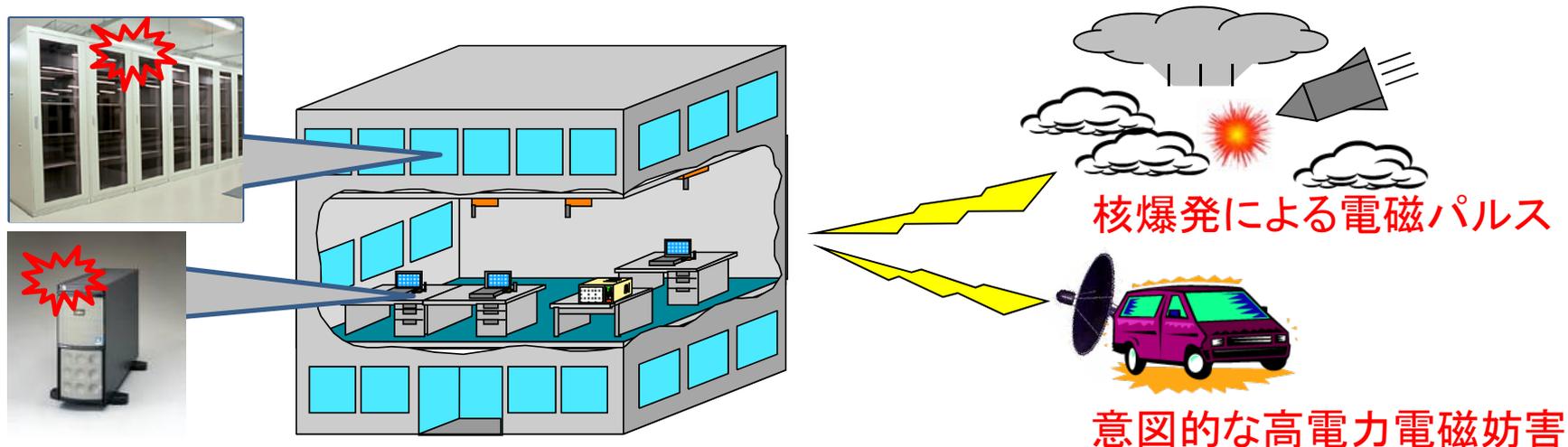
A.9.1.8 Securing telecommunications equipment room

- d) the telecommunications equipment room should be located where it is least susceptible to damage from strong electromagnetic fields; if the room needs to be located where it is susceptible to strong electromagnetic fields, it should be protected by electromagnetic shields or some other measures; especially, if power supply facilities are installed within the telecommunications equipment room, measures should be appropriately taken to prevent interference from electromagnetic field;
- j) if necessary, measures should be taken to protect the data storage room and data safe from electromagnetic interference;

外部からの強力な電磁妨害への対処

研究課題と目標

電気通信施設・設備に対して脅威となる意図的電磁妨害



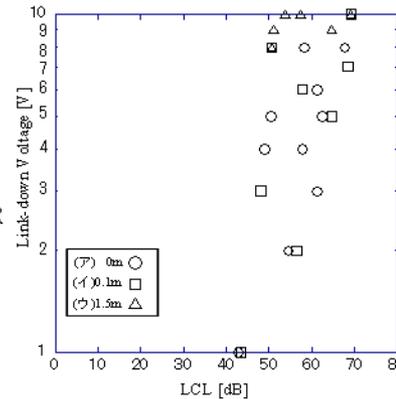
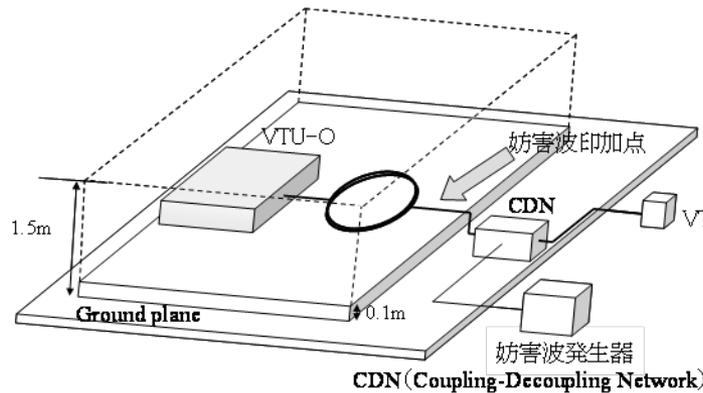
- [1] 情報通信機器・システム・設備の電磁防護耐性に関する研究
- [2] 電磁妨害試験・評価システムの構築・提案
- [3] 電磁妨害に対する対策技術に関する研究

⇒ITU-T 国際標準化勧告の策定

研究成果：[1]の一部紹介

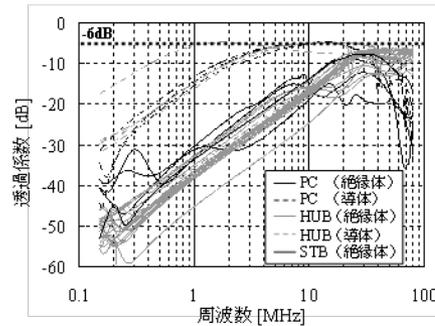
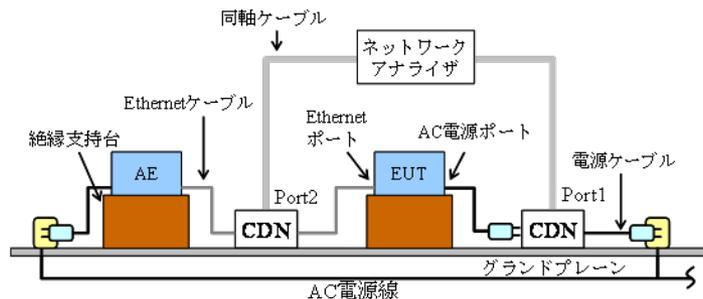
[1] 情報通信機器・システム・設備の電磁防護耐性に関する研究

(1) 構内配線の敷設状態の違いがVDSLシステムのイミュニティに及ぼす影響



構内配線の不平衡減衰量(LCL)とVDSLシステムのイミュニティレベルの間には相関関係があることを確認。

(2) 構内通信装置のEthernetポートのイミュニティレベルの調査



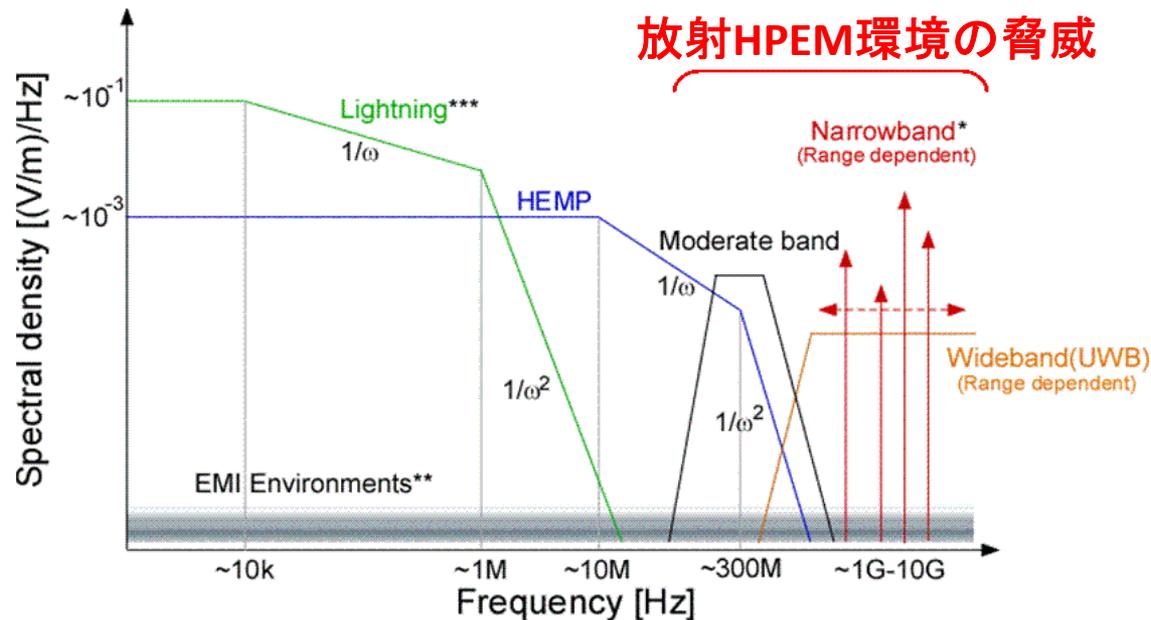
構内通信装置のEthernetポートには、AC電源系に侵入する電磁妨害波の少なくとも1/2以上の防護レベルが必要。

研究成果：[2]の一部紹介

[2] 電磁妨害試験・評価システムの構築

(1) HPEM領域を広範囲にカバーするインパルス放射アンテナシステムの開発・構築

IEC 61000-2-13



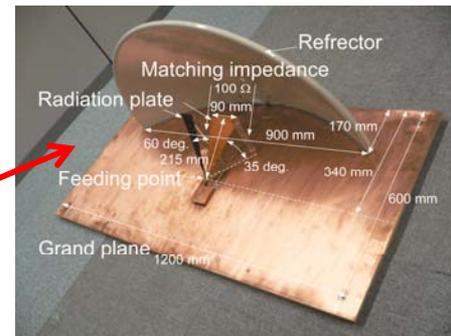
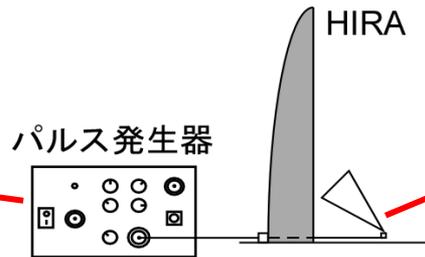
- *) Narrow band extending from ~0.2 to 5 GHz
- **) Not necessarily HPEM
- ***) Significant spectral components up to ~10 MHz depending on range and application

HEMP: High altitude electromagnetic pulse
HPEM: High power electromagnetic

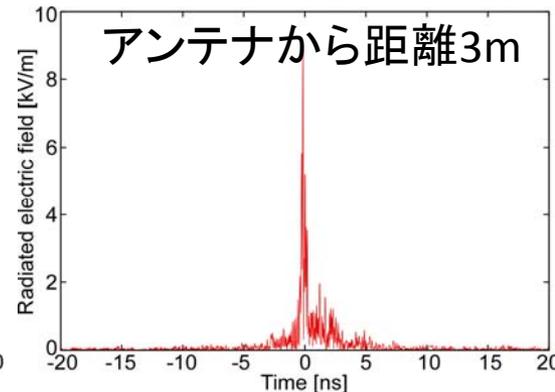
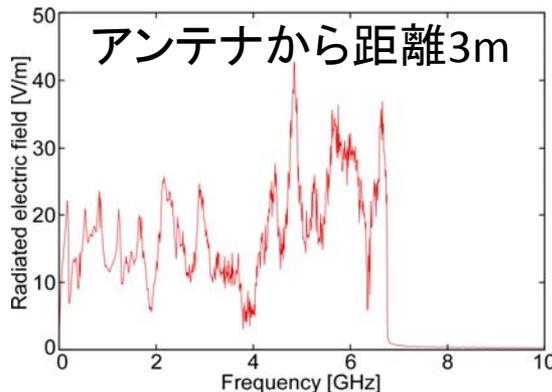
研究成果：[2]の一部紹介

[2] 電磁妨害試験・評価システムの構築

(1) HPEM領域を広くカバーするインパルス放射アンテナシステムの開発・構築



HIRA:
Half reflector impulse radiating antenna



実験値を用いた電界強度（周波数領域および時間器領域）

本インパルス放射システムの特徴：

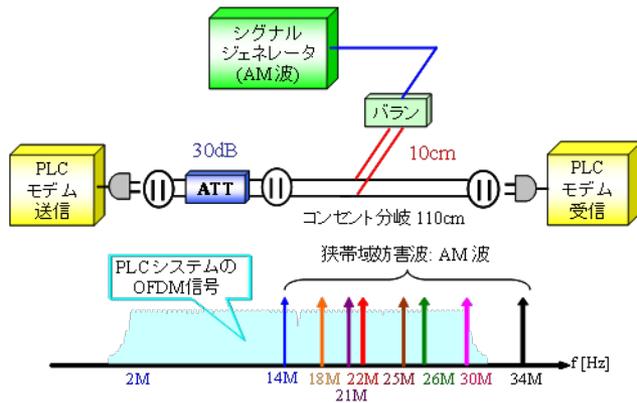
- ・～7GHzの成分
- ・約3～45 V/m@3 m（周波数領域）
- ・約9 kV/m@3 m（時間領域）

本システムは、HPEM領域を広くカバーすることを確認。周波数領域電界強度を平坦に高強度にすることが今後の課題。

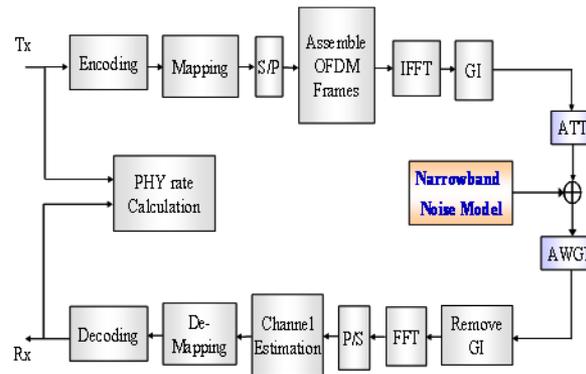
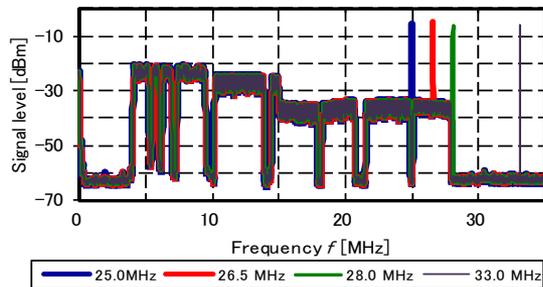
研究成果：[3]の一部紹介

[3] 電磁妨害に対する対策技術に関する研究

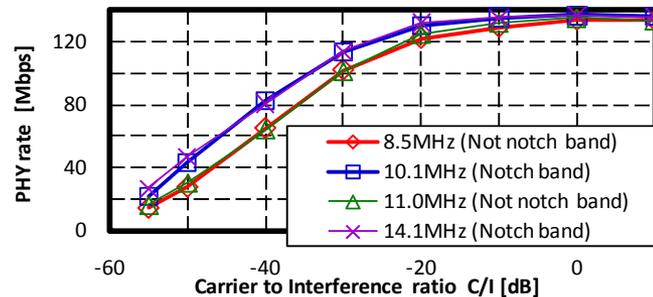
(1) 高速電力線通信システムの狭帯域妨害波に対するイミュニティ(耐性)特性



実験構成



シミュレーション構成



実験結果

高速電力通信システムの電磁妨害波の影響を確認し、ノッチフィルタを用いて電磁妨害波の悪影響を軽減できることを確認。

研究成果：ITU-T K.78勧告策定(1)

●2009年6月29日 ITU-T K.78勧告化

ITU-T K.78: HEMP immunity guide for telecommunication centres
高々度核爆発によって引き起こされる電磁パルスが通信システムに及ぼす脅威評価とその対策レベルを明示した勧告

HEMPのパルス波形：

- ① Early-time HEMP (E1): E_p ; $\sim 50\text{kV/m}$ 、 t_r ; $\sim 1\text{nsec}$ 、 t_c ; \sim 数10nsec
- ② Intermediate-time HEMP (E2): E_p ; $\sim 100\text{V/m}$ 、 t_r ; $\sim 10\text{nsec}$ 、 t_c ; $\sim 1\text{msec}$
- ③ Late-time HEMP (E3); E_p ; \sim 数10mV/m、 t_r ; $\sim 1\text{sec}$ 、 t_c ; 1 \sim 1000sec
(E_p ; ピーク電界強度、 t_r ; パルス立ち上がり時間、 t_c ; パルス継続時間(半値幅))

Table 6.4.1-1 HEMPイミュニティ試験項目

Test number	HEMP Phenomena			
	E1	E2	E3	
Radiated Tests	1.1	-	-	
Conducted Tests	Telecom equipment	2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.2	-	6.4, 6.5
	Power equipment	2.1, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.2.	-	6.4, 6.5

研究成果：ITU-T K. 78勧告策定(2)

Table 6.4.1-2 防護コンセプト

	Radiated attenuation (dB)		Conducted protection	
			Not protected	Protected
Building	100 kHz to 30 MHz	0	1A	1B *
		> 20	2A	2B *
	1 MHz to 200 MHz	≥ 20		3 **
		≥ 40		4 **
		≥ 60		5 **
Shielded enclosures	1 MHz to 200 MHz	≥ 80		6 **
		≥ 20		3 **
		≥ 40		4 **
		≥ 60		5 **
		≥ 80		6 **

Table 6.4.1-3 放射妨害の試験レベル

Test	Radiated disturbance and ESD	Basic standard	Performance Criterion	Protection Concept of telecommunication centre building					
				1A	1B	2	3	4	5-6
1.1	2.5/25 ns electromagnetic pulse	IEC 61000-4-25	B	50 kV/m	50 kV/m	5 kV/m	5 kV/m	Optional 500 V/m	Not required

研究成果：ITU-T K. 78勧告策定(3)

Table 6.4.1-4 伝導妨害の試験レベル

Port	Test	Conducted disturbance	Basic standard	Crite- rion	Protection Concepts of building						
					1A	1B	2	3	4	5	6
Signal ports	2.1	5/50 ns EFT/B	IEC 61000-4-4	B	8 kV	8 kV	1 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
	2.2	Electrostatic discharge	IEC 61000-4-2	B	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
Signal ports (exterior antennas)	3.1	5/50 ns EFT/B	IEC 61000-4-4	B	16 kV	4 kV	16 kV	4 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
	3.2	Damped oscillatory wave	IEC 61000-4-25	B	16 kV 320 A	16 kV 320 A	4 kV 40 A	4 kV 40 A	4 kV 40 A	0.5 kV 5 A	Not require d
Signal ports (telecommuni- cation)	4.1	1.2/50 μ s surge	IEC 61000-4-5	B	4 kV	2 kV	4 kV	2 kV	1 kV	1 kV	1 kV
	4.2	5/50 ns EFT/B	IEC 61000-4-4	B	8 kV	8 kV	8 kV	8 kV	1 kV	1 kV	1 kV
Input and output DC power ports	5.1	1.2/50 μ s surge	IEC 61000-4-5	B	4 kV	4 kV	4 kV	1 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
	5.2	5/50 ns EFT/B	IEC 61000-4-4	B	16 kV	16 kV	4 kV	2 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
	5.3	Damped oscillatory wave	IEC 61000-4-25	B	4 kV	4 kV	4 kV	4 kV	2 kV	1 kV	1 kV
Input and output AC power ports	6.1	1.2/50 μ s surge	IEC 61000-4-5	B	4 kV	2 kV	4 kV	2 kV	1 kV	1 kV	1 kV
	6.2	5/50ns EFT/B	IEC 61000-4-4	B	20 kV 25 kV	16 kV	20 kV 25 kV	16 kV	1.6 kV	1.6 kV	1 kV
	6.3	Damped oscillatory wave	IEC 61000-4-25	B	4 kV	4 kV	4 kV	4 kV	1 kV	1 kV	1 kV
	6.4	Voltage dips and interruptions	IEC 61000-4-11	C	60 % 1 s >95 % 5 s						
	6.5	Power frequency harmonics	IEC 61000-4-13	B	Class 3						
Functional earth port	7.1	5/50ns EFT/B	IEC 61000-4-4	B	4 kV	4 kV	2 kV	2 kV	-	-	-
	7.2	Damped oscillatory wave	IEC 61000-4-25	B	4 kV	4 kV	2 kV	2 kV	-	-	-

EFT/B: Electrical fast transient / burst

研究成果：ITU-T K.81勧告策定(1)

●2009年11月29日 ITU-T K.81勧告化

ITU-T K.81: HPEM immunity guide for telecommunication systems
HEMPを含まない高電力電磁環境の通信システムへの脅威評価と対策レベルを示した勧告

HPEM環境の脅威を『可搬性、侵入可能領域、利用可能性』から評価することが特徴

●可搬性

Table 5.1-1 可搬性レベル

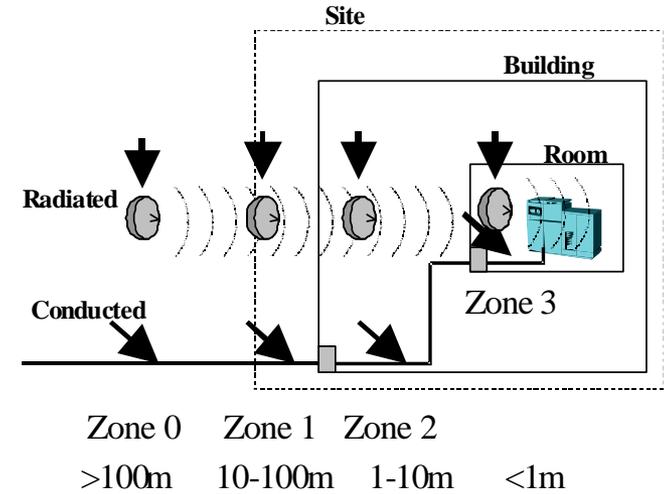
Threat Portability Level	Definition	備考
PI	Pocket-sized or body-worn	衣服の下などに隠せるレベル
PII	Briefcase or Backpack sized	鞆などに入れて持ち歩けるレベル
PIII	Motor-Vehicle sized	自動車などで持ち運べるレベル
PIV	Trailer-sized	特殊車両等でないと運べないレベル

研究成果：ITU-T K. 81勧告策定(2)

●侵入可能領域

Table 5.2-1 侵入可能領域区分

Intrusion Area	Threat Device Location	Threat Device Portability Levels	Typical Minimum Separation Distance (m)
Zone 0	Public Space	PI, PII, PIII & PIV	> 100
Zone 1	Same-Site	PI, PII	100 - 10
Zone 2	Same-Building	PI, PII	10 - 1
Zone 3	Same-Room	PI, PII	< 1



●利用可能性

Table 6.4.2-3 利用可能性レベル

Availability Level	Definition	Examples
AI	'Consumer'	Wireless LAN device Stun-gun Illegal CB radio
AII	'Hobbyist'	
AIII	'Professional'	
AIV	'Bespoke'	

研究成果：ITU-T K.81勧告策定(3)

●機器の脆弱性レベル評価・分類

Table 6.1-1 イミュニティ規格と脆弱性レベル

Vulnerability Level	Standard Name	Target Device	Remarks
ZI1	CISPR24	IT equipment	International standards
ZI2	ITU-T K.48	Network equipment	Recommendations
ZI1	ITU-T K.43	Network equipment	Recommendations
ZI1	NTT-TR 549001	Network equipment	NTT
ZI1	NEBS GR 1089	Network equipment	US standard
ZI3	NEBS LEVEL 3	Network equipment	US standard

Table 6.1-2過電圧規格と脆弱性レベル

Vulnerability Level	Standard Name	Target Device	Remarks
ZK1	ITU-T K.20	Network equipment	Recommendations
ZK2	ITU-T K.21	Terminal equipment	Recommendations
ZK3	ITU-T K.66 Appendix IV	Communication device, network equipment	Recommendations
ZK4	NEBS GR 1089	Network equipment	US standard
ZK5	NEBS LEVEL 3	Network equipment	US standard

Table 6.1-3 一般的なIT機器のイミュニティレベルの例

Item	Immunity Level
Radiated electromagnetic field	3 V/m (actual field value) *
Conducted voltage	3 V (actual voltage value) *
Static discharge	8 kV (direct discharge)
Lightning surge	4 kV (power port – line to ground) 2 kV (communications port – line to ground)

研究成果：ITU-T K. 81勧告策定(4)

●機器の脆弱性レベル評価・分類

Table 6.2-2 電話用機器の脆弱性レベル

Type	Immunity	Over voltage
General public line	ZI1	ZK1
Dedicated line (general)	ZI1	ZK1
Dedicated line (fire department, police, etc.)	ZI1	ZK1

Table 6.2-3 ネットワークサービス用機器の脆弱性レベル

Type	General Level (ISP, etc.)		Carrier Grade (MSP, etc.)	
	Immunity	Overvoltage	Immunity	Overvoltage
Data centre (EC site)	ZI1	ZI1	ZI3	ZK5
Data centre (storage)	ZI1	ZI1	ZI3	ZK5
Router, switching	ZI1	ZI1	ZI3	ZK5

Table 6.2-4 企業内通信ネットワーク用IT機器の脆弱性レベル

Type	Immunity	Overvoltage
PC	ZI2	ZI1
Mail server	ZI2	ZI1
ERP server	ZI2	ZI1
Storage	ZI2	ZI1
Customer DB server	ZI2	ZI1
Router, switching	ZI2	ZI1

研究成果：ITU-T K.81 勧告策定 (5)

●IT機器の対策レベル

Table 7.1-1 IT機器の対策レベル計算例(シールド/フィルタリング)

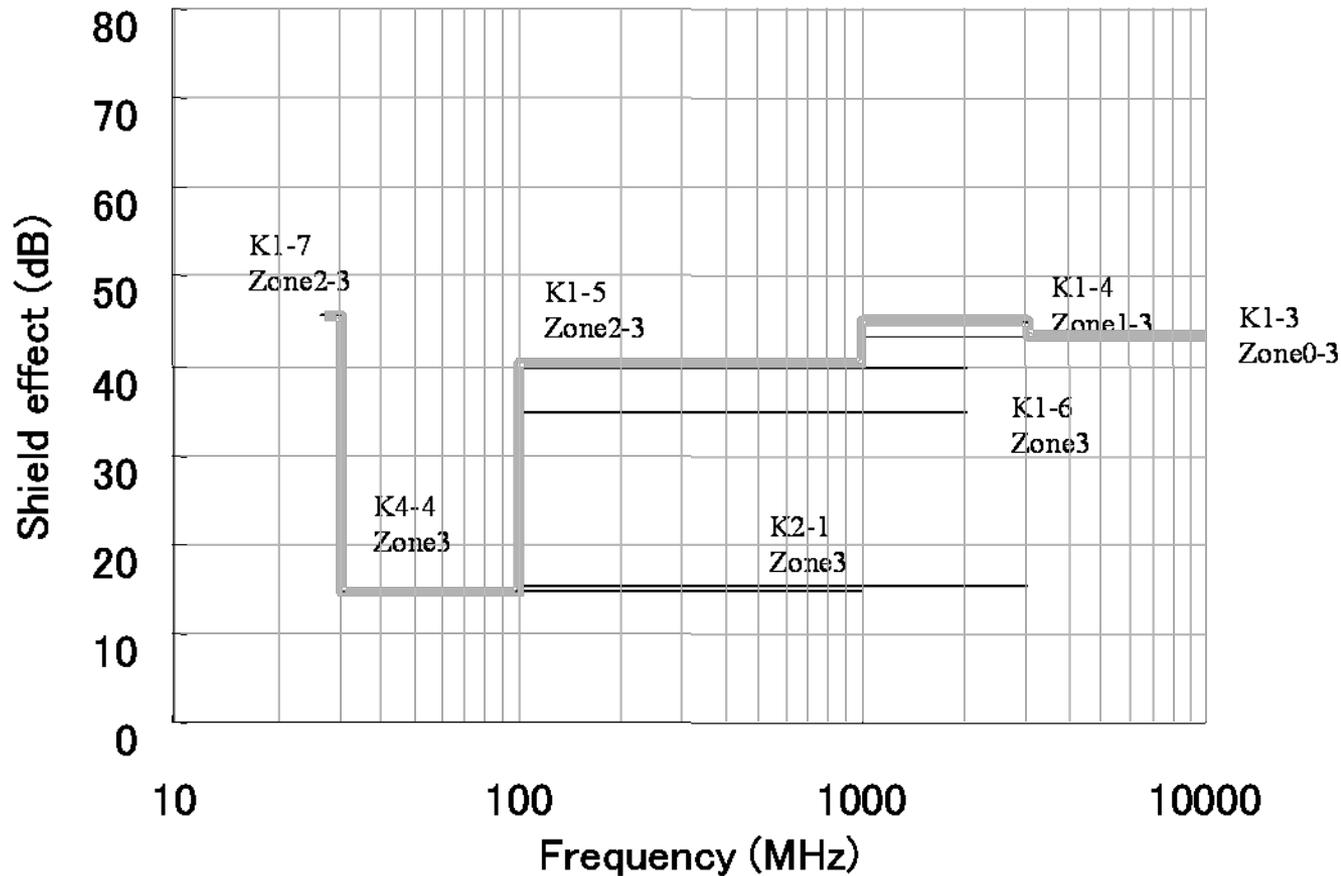
Threat Number	Threat Strength (V)	Vulnerability (V)	EM mitigation Level (dB)	Frequency /Waveform	Countermeasure Location	Remarks
K1-3	385	3	43	1 GHz-10 GHz	Zone 0-3	Shielding
K1-4	475	3	44	1 GHz-3 GHz	Zone1-3	Shielding
K1-5	286	3	40	100 MHz-3 GHz	Zone2-3	Shielding
K1-6	169	3	35	100 MHz-3 GHz	Zone3	Shielding
K1-7	573	3	46	27 MHz	Zone2-3	Shielding
K2-1	5×10^5	8×10^4	16	100 MHz-3 GHz	Zone3	Shielding or static electricity countermeasures
K3-3	240	3	38	1 Hz-10 MHz	Zone2-3	Filter
K3-4	240	3	38	50/60Hz	Zone2-3	Filter

Table 7.1-2 IT機器の対策レベル計算例(過電圧防護)

	Waveform	Restriction Voltage	Peak Current	Recommended Element	Recommended Operating Voltage
Communication port	Combination	500V	5kA	Arrester	1.6 x or more the voltage used by the equipment
	10/700		500A		
Power-supply port	Combination	4kV	5kA	Varistor	270 V or more when the equipment used is a commercial power supply.

研究成果：ITU-T K. 81勧告策定(6)

●IT機器の対策レベル



対策レベルと周波数依存性の例

研究成果：ITU-T勧告化予定

現在、策定中の勧告案：

電磁波に起因する電気通信設備のセキュリティに関する基本勧告案：

K.sec: Guide for risk assessment and application of security requirements
concerning electromagnetic phenomena - Basic Recommendation

電磁現象に起因するセキュリティ脅威全般に対する対策方法に関する勧告：

K.secmi: Mitigation methods against EM security threats

まとめ

本国際技術獲得型研究開発プログラム『情報通信ネットワークインフラにおける悪意ある電磁波攻撃に対する評価および防護技術に関する研究』では、情報通信機器・システムへの意図的な電磁波攻撃に対して、セキュアな情報通信ネットワークインフラを構築するための試験・評価方法を確立し、ITU-T国際標準化勧告を制定した。

2009年 6月29日勧告化 - ITU-T K.78: HEMP immunity guide for telecommunication centres

2009年11月29日勧告化 - ITU-T K.81: HPEM immunity guide for telecommunication systems

本研究開発による成果数一覧：平成19年度～平成21年度

査読付き論文数	その他の誌上発表数	口頭発表数	申請特許数	国際標準提案数	国際標準獲得数	受賞数
52件	18件	46件	2件	12件	2件	1件