

平成25年10月8日

平成22-24年度における生体電磁環境研究

個別研究課題：

複数の電波ばく露による電波複合ばく露の 生体への影響

研究責任者：白井智之（名古屋市立大学、名古屋総合リハビリテーション）

研究者：古川文夫、河部真弓（株）DIMS医科学研究所）

藤原修、王建青（名古屋工業大）

研究目的

従来は単一電波の健康影響について追究されてきたが、ヒトが常時複数の電波（多くは基地局由来）にばく露されている現状を鑑み、複数の電波のばく露の健康影響を科学的に明らかにすることが重要である。

そこで本研究では複数電波の生体への影響を実験的に明らかにすることを目的としてラットを用いた実験的研究を行った。

研究方法

電波の種類

信号

周波数

①	IMT-2000 DS-CDMA System (ARIB STD-T63)	800 MHz 帯
②	IMT-2000 MC-CDMA System (ARIB STD-T64)	800 MHz 帯
③	IMT-2000 DS-CDMA System	2 GHz 帯
④	IMT-2000 MC-CDMA System	2 GHz 帯
⑤	無線LAN (IEEE 800.11b/g)	2.4 GHz 帯
⑥	Mobile WiMAX	2.5 GHz 帯
⑦	Next Generation PHS	2.5 GHz 帯
⑧	無線LAN (IEEE 800.11a)	5.2 GHz 帯

ばく露対象：妊娠母ラット(SDラット)ならびに出生児

ばく露条件：全身ばく露、20時間 / 日

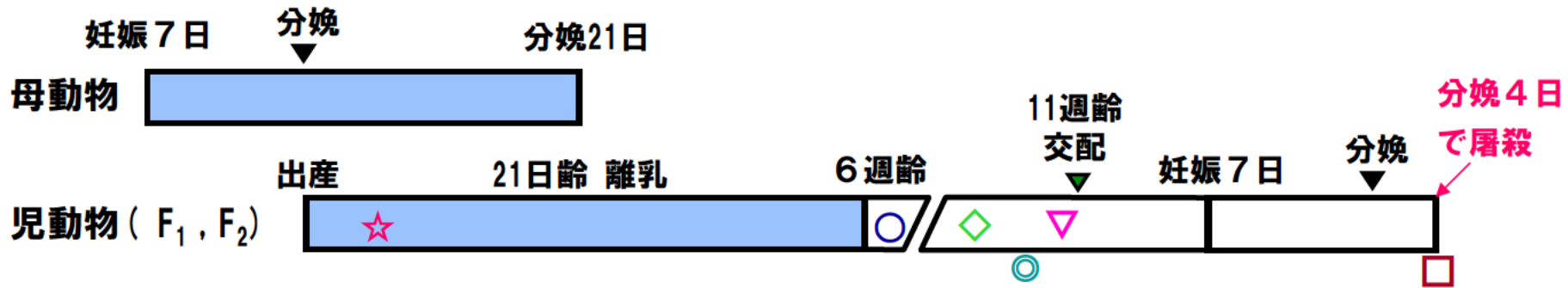
1. 全身平均SARが 0.4 W/kgを超えない高ばく露群
2. 全身平均SARが0.08 W/kgを超えない低ばく露群
3. 偽ばく露群

ばく露期間：妊娠7日よりばく露し、分娩後は児動物も同時にばく露を行った。
離乳後、児動物に対し6週齢までばく露を行った。
11週齢より交配を行い、F2の4日齢まで観察を行った。

実験デザイン

3回繰り返し

約18週間



動物 : Crl:CD (SD)

電波ばく露 (1日20時間)

随時体重の測定

☆ : 生後2日より児動物の発育分化検査

生後5日より反応性検査

○ : 7週齢時行動機能検査 (オープンフィールド検査)

◇ : 9週齢時学習・記憶テスト (モーリス水迷路検査)

◎ : 各種検査に使用した動物を用い器官重量測定、肉眼的病理学検査

▽ : 各種検査に使用しなかった動物 (一腹雌雄各2匹) は11週齢で交配

□ : 分産4日で交配に使用した動物を屠殺。雌については着床痕数を確認。雄は◎の屠殺時に実施する検査をすべて行った。児動物は屠殺して、性別の確認

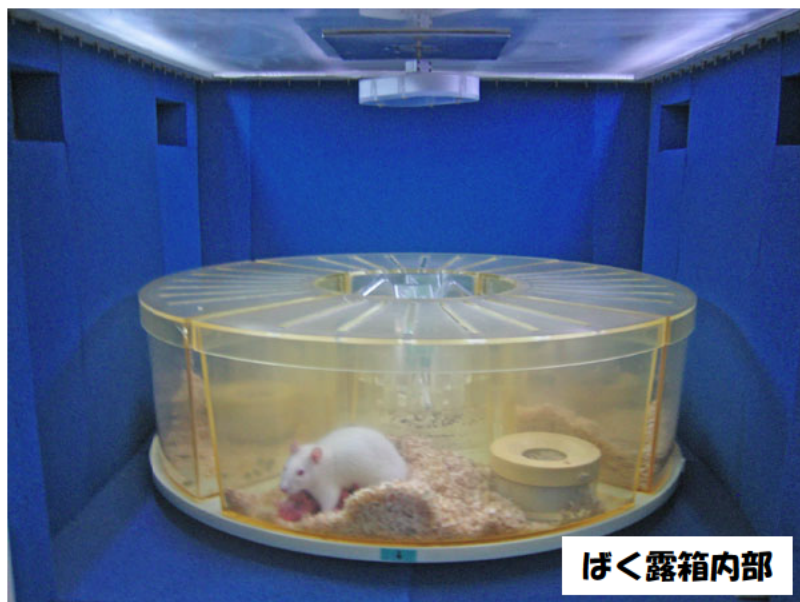
群	電波ばく露	母動物数	児動物数 (雌雄各)
1	-(sham)	4 (12)	8 (24)
2	+(low)	4 (12)	8 (24)
3	+(high)	4 (12)	8 (24)



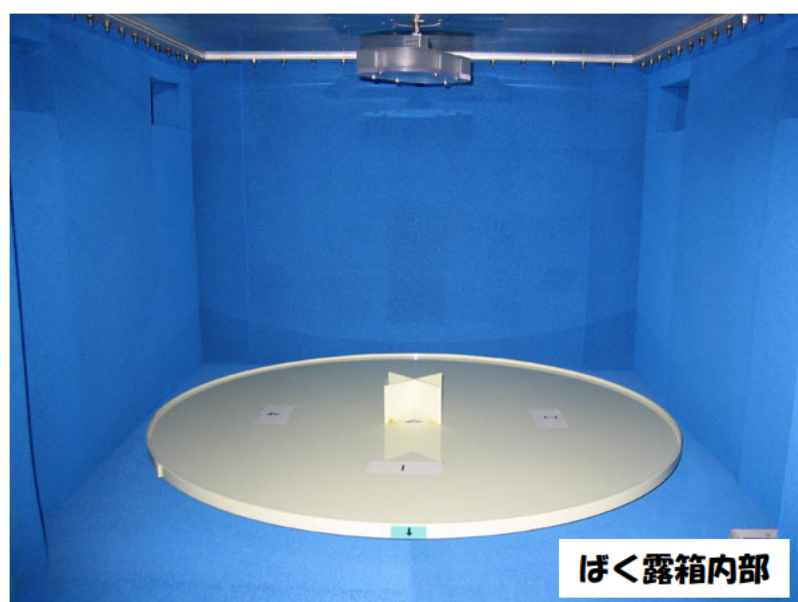
ばく露装置



ばく露箱



ばく露箱内部



ばく露箱内部

検索項目

1. 一般観察: 体重測定、摂餌量測定
 2. 児動物の発育・分化: 耳介展開、背部毛生、歯牙萌出、眼瞼開裂、
瞼開口、陰茎亀頭と包皮分離、精巣下降
 3. 児動物の反射・反応性: 平面正向反射、背地走性、空中正向反射、痛覚反応、
耳介反射、聴覚反射、瞳孔反射および角膜反射
 4. 脳の発達および機能検査(行動機能検査): 7週齢の児動物にオープンフィールドテスト
 5. 脳の発達および機能検査(学習・記憶テスト): 9週齢の児動物に水迷路検査
 6. 生殖能力検査: 雌の性周期検査と雌雄の交配能力検査(11週齢)
 7. 肉眼的病理学検査: 全臓器
 8. 器官重量測定: 脳、下垂体、甲状腺、胸腺、副腎、心臓、肺、肝臓、腎臓、脾臓、
卵巣、子宮、精巣、精巣上体、前立腺
-

反応性検査

- **平面正向反射(生後6日～)**: 台の上で動物を仰向けに水平面上に保定し、素早く手を離し、通常の姿勢に戻るかどうか記録した。
 - **背地走性(生後6日～)**: 斜面に動物を下向きに置き、180度回転して上向きに登る姿勢を示すまでの時間を記録した。
 - **空中正向反射(生後13日～)**: 着地面から30cmからの高さで、動物の背中が地面を向くように空中で支え、手を素早く離し、着地までに通常の姿勢に戻るかどうか記録した。
 - **痛覚反応(生後5日～)**: ピンセットで尾の先から2.3cmの部分をつまみ、動物の反応を記録した。
 - **耳介反射(生後14日～)**: 針で耳の内側に軽く触れて耳介の反応を記録した。
 - **聴覚反射(生後14日～)**: 突発的な音刺激より、聴覚反応を記録した。
 - **瞳孔反射(生後21日～)**: 瞳孔に光を当てて瞳孔反応を記録した。
 - **角膜反射(生後21日～)**: 針で眼角に触れ、まぶたの反応を記録した。
-

母動物の結果

- ◆ **体重**
- ◆ **繁殖結果(妊娠期間、着床痕数、出産率、出生率、分娩児数、出産生児数、死産児数、性比、外表異常数)**
- ◆ **屠殺後の器官重量**

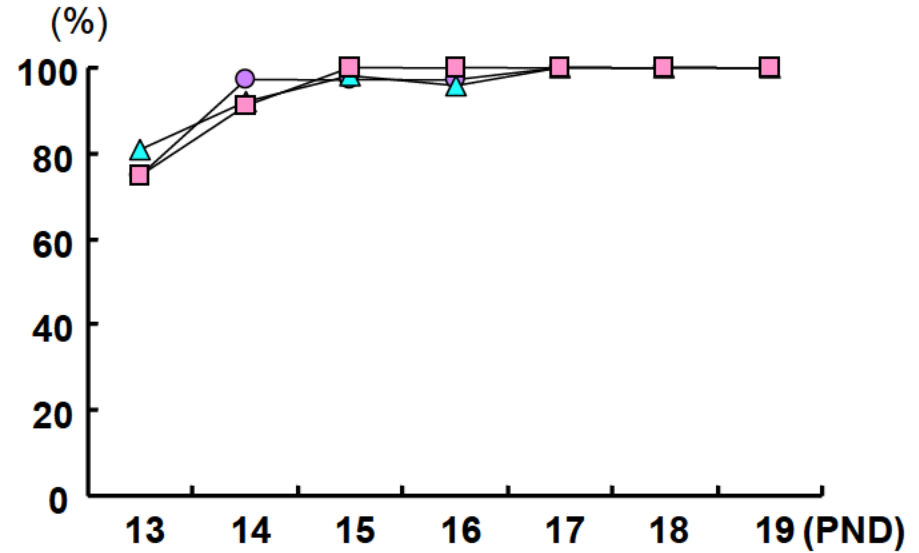
上記の検査結果に明らかな電波ばく露の影響はみられなかった。

反応性検査結果 (F₁)

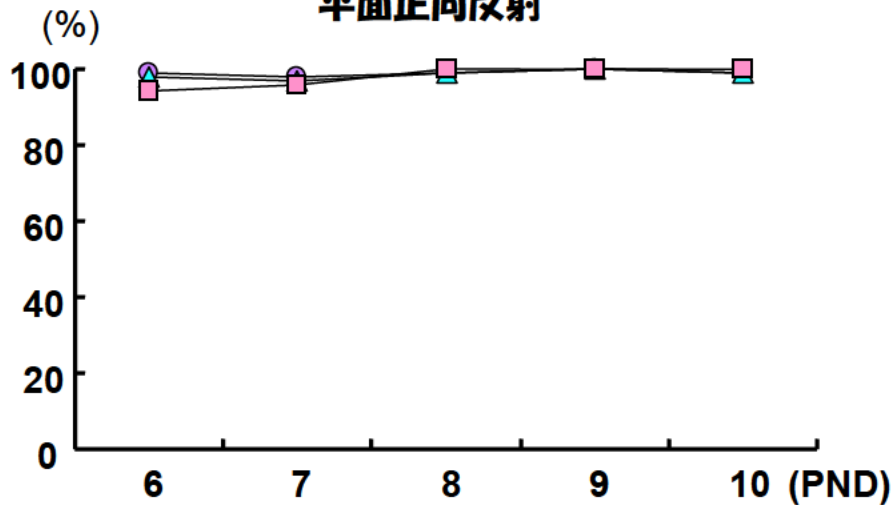
反射

曝露レベル	Sham	Low	High
検索児動物数	88	96	88
痛覚反応 (%)	100	100	100
耳介反射 (%)	100	100	100
聴覚反射 (%)	100	100	100
角膜反射 (%)	100	100	100
瞳孔反射 (%)	100	100	100

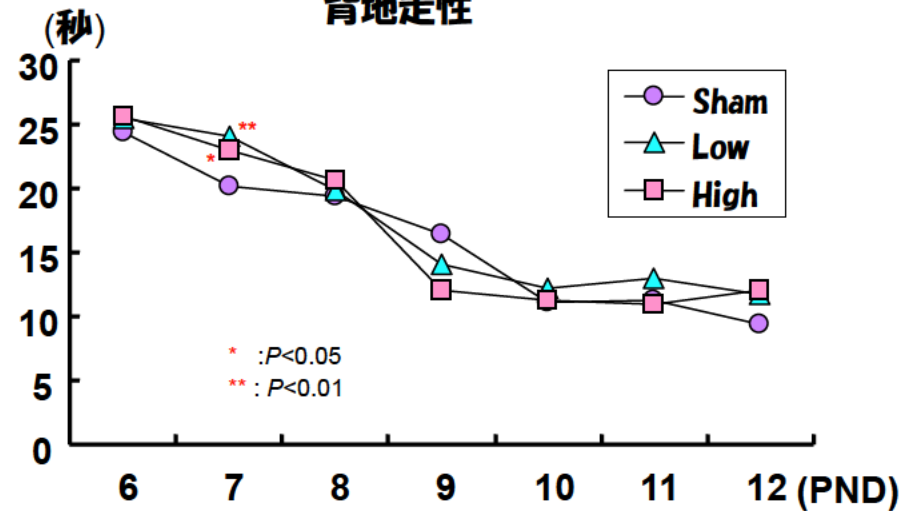
空中正向反射



平面正向反射



背地走性



結 論

複数の周波数成分を有する混合電波をラットを用いて、妊娠・授乳期から生後6週齢に至るまで全身ばく露し、児動物の多世代にわたる脳の発達・機能への影響について検討した。

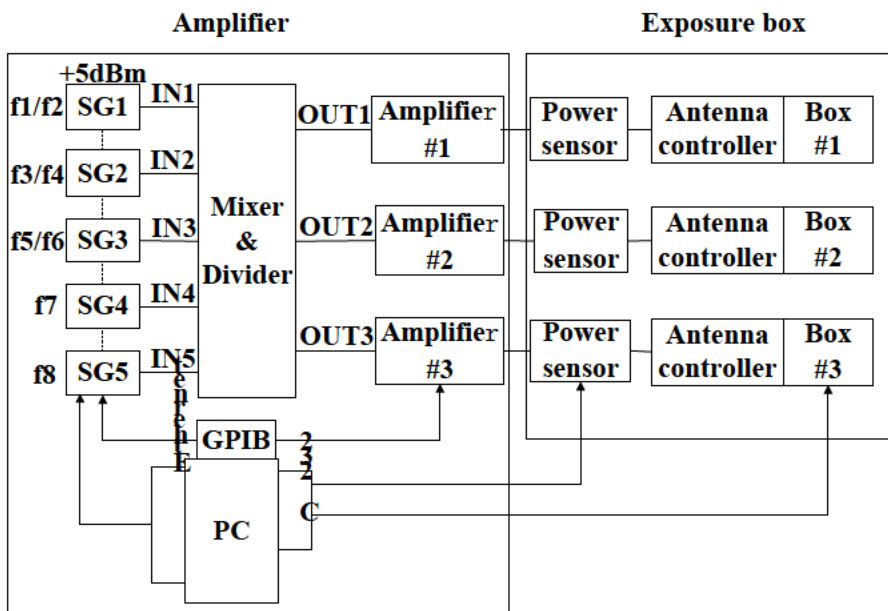
その結果、発育、行動、学習・記憶及び生殖機能のいずれに対しても、電波ばく露の影響と考えられる影響は見られず、この条件下での混合電波は健康への悪影響はないと結論づけられた。

研究目標

ラットに対する複数周波全身ばく露実験のためのばく露装置の開発, ばく露装置の運用・保守, 及びばく露量の常時モニタリング・制御

- ①複数周波ばく露装置の開発・整備を行い, ばく露中のラットの活動習性をモニタリングし, それを基に全身平均SARを算出, ばく露量を設定
- ②複数周波ばく露装置の運用・保守及びばく露量の常時モニタリング・制御を実施. 全実験期間中のばく露量のモニタリングデータの解析と評価を行い, 実際のばく露量及びばく露量の変動を統計的に解明
- ③電波複合ばく露の妊婦と小児に対する数値ドシメトリを行い, 実電磁環境のリスク評価を実施

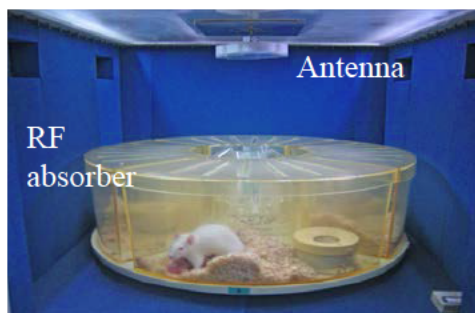
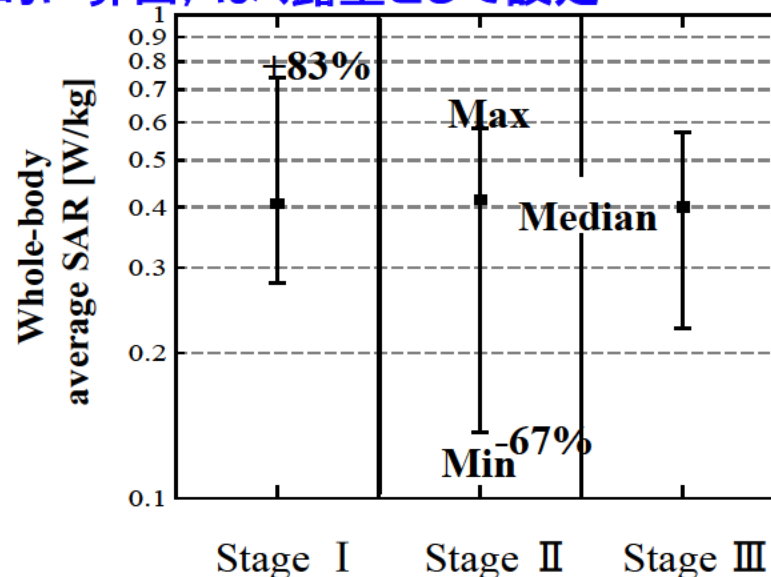
①複数周波全身ばく露装置の開発と評価



✓ばく露ステージ

Stage	Rats in Each Cage	Description
I	1 pregnant	1 - 3 weeks after pregnant
II	1 mother & 8 new-born	1 - 3 weeks after birth
III	4 young	4 - 6 weeks after birth

✓各ばく露ステージにおけるラットの動きをリアルタイムにモニタリングし、それを基に全身平均SARを統計的に算出、ばく露量として設定



成果は論文掲載:

J. Wang, et al., Performance and validation of a broadband-multigeneration exposure system for unconstrained rats, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Technology*, vol.61, no.1, pp.326-334, Jan. 2013.

②ばく露装置の運用・保守及びばく露量のモニタリング・制御

複数電波曝露実験「照射データ管理表」
照射データ管理表 2012.01.28

実験の開始/終了時間

実験日	2012年1月28日		データ日	2012年1月28日	
StartTime	2012年1月28日	09:50	EndTime	2012年1月29日	05:50

曝露群データと合計電力 (Data Base 情報) Phase1

	ID	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	ALL
Sham	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LOW	4	0.048	0.048	0.546	0.546	0.515	0.515	0.515	3.246	5.98
High	5	0.24	0.24	2.732	2.732	2.577	2.577	2.577	16.23	29.91
		870	880	2120	2140	2437	2560	2610	5180	[MHz]

[W]
[W]
[W]

初期化時の最終設定値

DEVI		f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	ALL
DEVI1	3									
	入力電力[W]	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham
	誤差率[%]	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham	Sham
DEVI2	4									
	入力電力[W]	0.046	0.048	0.545	0.551	0.529	0.505	0.535	3.113	6.032
	誤差率[%]	-4.17	0.00	-0.18	0.92	2.72	-1.94	3.88	-4.13	0.87
DEVI3	5									
	入力電力[W]	0.239	0.231	2.728	2.683	2.497	2.505	2.589	16.005	29.339
	誤差率[%]	-0.42	-3.75	-0.15	-1.79	-3.10	-2.79	0.47	-1.41	-1.91

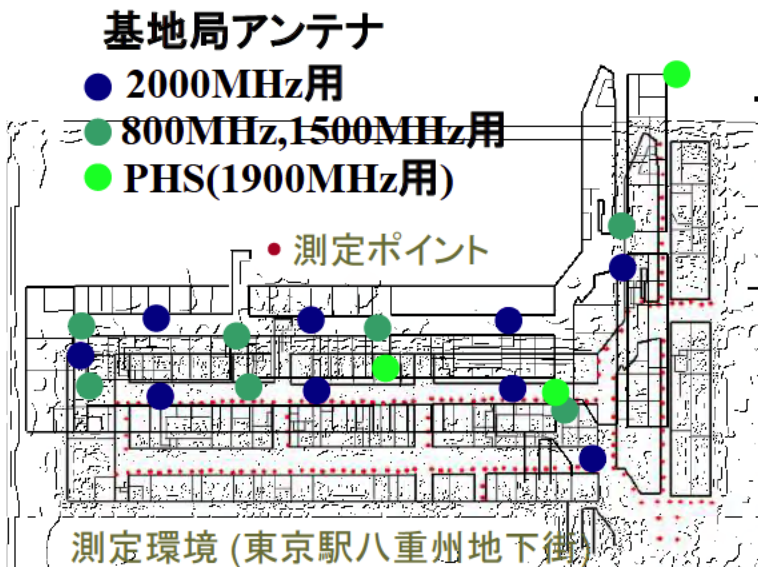
照射データ

DEVI1	2001	3									
(2h 毎の Ave)	+2h	+4h	+6h	+8h	+10h	+12h	+14h	+16h	+18h	+20h	total
平均温度[°C]	20.78	20.74	20.58	20.62	20.62	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.58
平均入射電力[W]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平均反射電力[W]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平均入力電力[W]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平均誤差率[%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DEVI2	2002	4									
(2h 毎の Ave)	+2h	+4h	+6h	+8h	+10h	+12h	+14h	+16h	+18h	+20h	total
平均温度[°C]	20.64	20.50	20.50	20.50	20.50	20.36	20.42	20.48	20.50	20.44	20.48
平均入射電力[W]	6.74	6.92	7.04	6.91	6.98	6.79	6.91	6.93	6.91	6.92	6.90
平均反射電力[W]	0.90	0.94	0.96	0.94	0.96	0.92	0.93	0.94	0.92	0.91	0.93
平均入力電力[W]	5.84	5.98	6.08	5.96	6.03	5.87	5.98	5.99	5.99	6.01	5.97
平均誤差率[%]	-2.32	-0.02	1.65	-0.32	0.80	-1.80	0.00	0.24	0.17	0.46	-0.11
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
DEVI3	2003	5									
(2h 毎の Ave)	+2h	+4h	+6h	+8h	+10h	+12h	+14h	+16h	+18h	+20h	total
平均温度[°C]	20.60	20.50	20.50	20.50	20.48	20.18	20.04	20.04	20.04	20.06	20.29
平均入射電力[W]	32.31	32.75	32.33	32.51	33.39	33.27	33.51	33.73	32.36	32.52	32.87
平均反射電力[W]	2.75	2.72	2.74	2.76	2.85	2.88	2.95	2.94	2.80	2.84	2.82
平均入力電力[W]	29.56	30.03	29.59	29.75	30.54	30.39	30.56	30.79	29.56	29.68	30.05
平均誤差率[%]	-1.18	0.41	-1.08	-0.53	2.10	1.61	2.19	2.96	-1.17	-0.75	0.46
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

コメント:

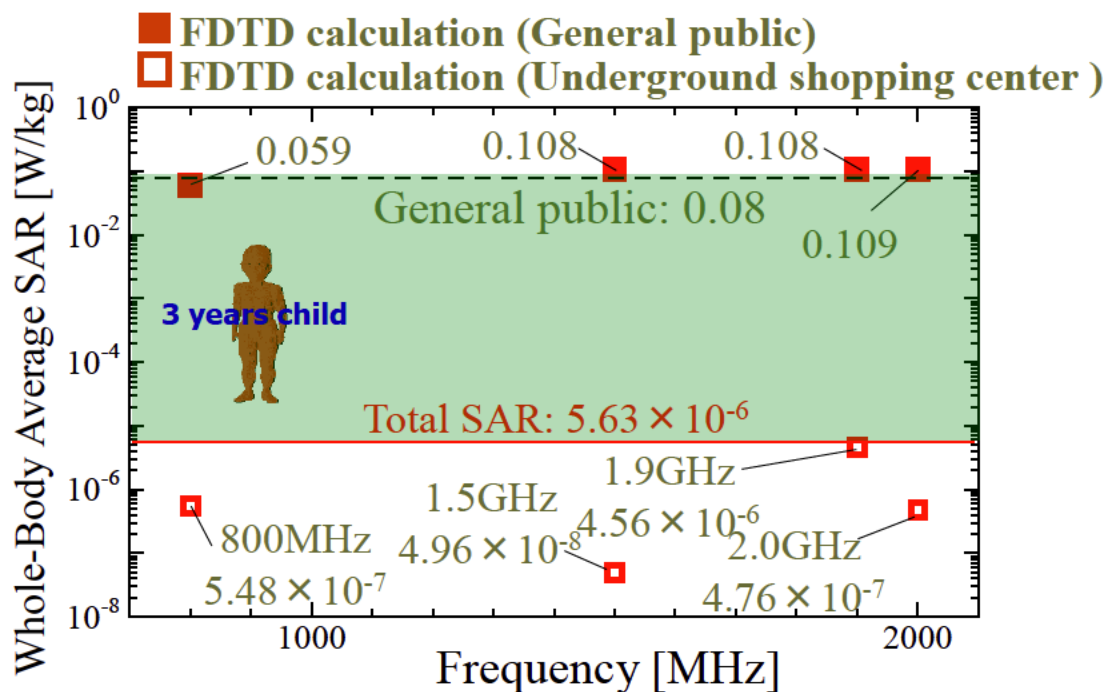
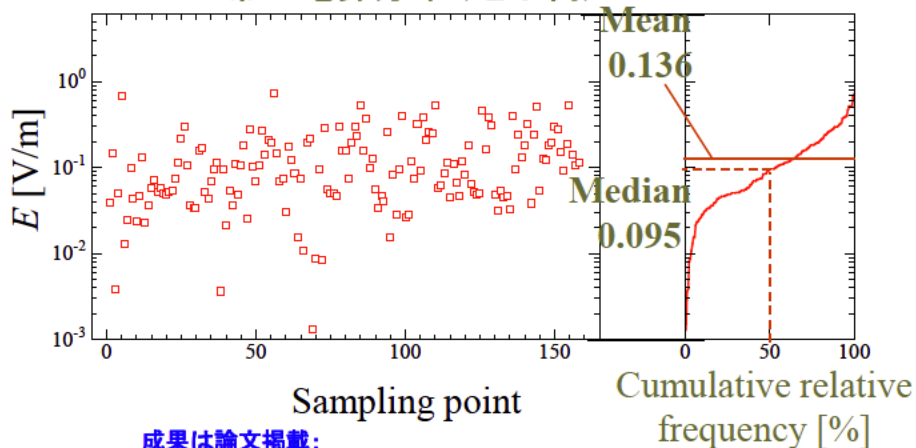
- ✓ 毎日のばく露量をリアルタイムに観測・記録
- ✓ ばく露量は設定値±5%以内に自動制御
- ✓ ばく露データは、毎日名工大に送られ、統計解析により、全実験期間中のばく露量と不確かさを高精度で把握

③実複合ばく露環境における妊婦と小児に対するドシメトリ



	Mean E [mV/m]	Power Density [μW/m ²]	Median E [mV/m]	Power Density [μW/m ²]
800MHz帯	136.2	49.21	95.0	23.9
1500MHz帯	41.6	4.59	15.5	0.64
PHS帯	398.0	420.2	93.2	23.0
2000MHz帯	128.4	43.73	79.3	16.7

800MHz帯の電界分布 (地下街)



成果は論文掲載:

浅山遼太, 王 建青, 藤原 修, 長岡智明, 渡辺総一, "遠方界ばく露による妊婦と子供のボクセルSARの外れ値が全身平均SARに及ぼす影響", 電気学会論文誌A, vol.133, no.1, pp.7-12, Jan. 2013.

浅山遼太, 王 建青, 藤原 修, "実環境における妊娠女性と子供の複数周波数電波同時ばく露に対する全身平均SARの計算", 電気学会論文誌A, vol.133, no.12, 2013(掲載決定).