

<基本計画書>

電波の人体への安全性に関する評価技術

1 目的

電波が人体に及ぼす影響に関し、国民の不安を解消し、安全で安心な電波利用社会を構築するため、電波の生物学的影響を科学的に解明するための医学・生物実験に必要な電波ばく露装置の整備を行う。また、電波防護指針の検証に必要な不可欠な基盤技術として、人体に吸収される電波ばく露量をより厳密に計測する技術の確立、無線設備から発せられる電波の量をより厳密に計測する技術の確立を行うことを目的とする。

2 政策的位置付け

電波の人体への安全性に関して、我が国では国際的なガイドラインと同等な電波防護指針を策定し、電波法令に基づく規制を行い、適切な電波利用環境を確保している。

世界保健機関(WHO)等の国際機関は、現状の国際的なガイドラインの妥当性を認めているところであるが、WHOはその信頼性をより強固とするため更なる医学・生物実験の必要性を提言している。また、国際電気標準会議(IEC)では、様々な無線設備から発せられる電波の量をより厳密に計測するための方法について国際標準化が進められているところである。

本調査研究は、我が国の電波防護指針の信頼性をより強固とするため、電波の生物学的影響を科学的に解明するための医学・生物実験に必要なばく露装置の整備を行うとともに、電波防護指針の検証に必要な不可欠な技術として、人体に吸収される電波ばく露量をより厳密に計測する技術、無線設備から発せられる電波の量をより厳密に計測する技術の確立を行うものである。

3 調査研究内容

(1) 検討課題

① 人体の電波ばく露量計測技術(課題①)

人体に吸収される電波ばく露量をより厳密に計測するため、下記の調査研究を行なう。

理論・数値解析による評価方法

第4世代携帯電話の利用等、今後の電波利用は3GHz以上の電波の利用が進展するが、我が国の数値人体モデルは2mm×2mm×2mmのセルサイズまでしかなく、3GHz以上での厳密な全身ばく露解析が困難であった。そこで今後3年以内に10GHzまでの全身ばく露解析を可能とする技術を確立する。

また、無線タグ等で利用が拡大している中間周波数帯(10MHz以下)の電波は、誘導電流による刺激作用を防止する必要がある。しかし、これまでの数値人体モデルでは、中枢神経組織に誘導される電流密度の解析が困難なため厳密な数値解析ができなかった。そこで今後3年以内に人体内中枢神経組織まで考慮した正確な電波ばく露解析を可能とする技術を確立する。

さらに、今後の利用拡大が予想されるミリ波帯（30GHz以上）による局所吸収の影響については、人体内部の波長が1mm未満となるため数値解析手法を適用することが困難であった。そこで今後3年以内にミリ波帯で高精度な電波ばく露解析を可能とする技術を確立する。

実験測定による評価方法

人体の電波ばく露量をより厳密に評価するためには、人体を構成する各生体組織の電気的特性を厳密に把握する必要がある。しかし、これまで200MHz以下および20GHz以上の生体組織の電気的特性は十分には明らかにされていない。また、電気的特性のばらつきの原因となる様々な要因（温度依存性や種・部位の違い）による影響が課題となっている。そこで、10kHzから100GHzまでの生体組織の電気的特性を実験測定により把握する。

また、無線タグ等の電波放射源からの電磁界ばく露量を厳密に評価するためには、複雑に変動する近傍電磁界を精密に測定する必要がある。しかし、従来の電磁界プローブでは時間的・空間的に複雑に変動する近傍電磁界を厳密に測定することが困難であった。そこで無線タグ等の電波放射源の近傍電磁界を厳密に測定する技術を確立する。

さらに、VHF/UHF帯における電波放射源からの電波ばく露量評価は、無線設備近傍の人体の全身平均の電波吸収量（全身平均比吸収率）の高精度測定が必要であるが、無線設備近傍と人体が強く結合した複雑な電磁界中での厳密な比吸収率の測定は困難であった。そこでVHF/UHF帯における比吸収率の高精度測定技術を確立する。

② 電波防護指針適合性評価技術（課題②）

我が国の電波防護指針は、入射電磁界強度、誘導電流、比吸収率（SAR）で定められており、無線設備からの電波ばく露量がこれらの指針値以下であることを確認することが必要である。この確認方法は正確であるばかりでなく、再現性に優れ、かつ誤差が生じても人体に安全側の評価を与えることが必要である。

また、今後利用が拡大すると考えられる様々な無線設備に対して適合性評価方法を確立し、実証する。

③ 医学・生物実験のためのばく露装置及びばく露量評価（課題③）

医学・生物実験では、精密に設計されたばく露装置が必要不可欠である。また、医学・生物実験中の装置の故障対応や保守を行ない、医学・生物実験の円滑な実施に貢献する必要がある。そこで今後3年間に実施される医学・生物実験のためのばく露装置の整備等を行なう。

- ・ 動物実験では、人体と同じ電波ばく露条件（例えば、携帯電話使用時の頭部局所への電波ばく露）を小動物に実現するため、小動物数値モデルを用いた詳細なばく露評価に基づく精密なばく露装置（特別なばく露アンテナ）が必要となる。
- ・ 細胞実験では、実際の生物に存在する温度制御機能を補償するための温度制御装置および培養シャーレ内のばく露特性が明らかにされている精密なばく露装置が必要となる。

- ・ ヒト被験者実験では、被験者に過度の電磁界がばく露されないための安全装置および被験者の電波ばく露特性が明らかにされた精密なばく露装置が必要となる。
- ・ 疫学調査では、調査対象者の電波ばく露量のさまざまなばらつきの要因解析や不確かさの評価が必要となる。

(2) 到達目標

① 人体の電波ばく露量評価技術

理論・数値解析による評価方法

0.5 mm×0.5 mm×0.5 mmスケールのセルサイズを持った数値人体モデルを構築し、これらの数値人体モデルを用いた大規模電磁界シミュレーション手法を確立する。

また、中枢神経組織をミリメートル以下のセルサイズで正確にモデル化した数値人体モデルを構築し、さらにこれらの数値人体モデルを用いた10 MHz以下の周波数帯で高速かつ高精度な数値シミュレーション手法を確立する。

さらに、ミリ波照射部位の形状と内部構造を0.1 mm程度の空間分解能で考慮した新しいばく露評価手法を確立する。

実験測定による評価方法

10 kHzから100 GHzまでの生体組織の電気定数測定装置および測定手法を確立する。さらに、生体組織の電気的特性の温度依存性、種、部位の違いのばらつきの3要因を実測によって解明する。

また、中間周波数帯を含む電波放射源近傍の電磁界の厳密な評価に関し、数メートルの範囲にわたり1 cm以下の空間分解能で、10 kHzから10 MHzまでのリアルタイム広帯域測定が可能な測定システムを構築する。

さらに、VHF/UHF帯における比吸収率高精度測定に関し、誘導電流測定に基づく比吸収率測定技術および熱量測定に基づく比吸収率測定技術の開発を行なう。

② 電波防護指針適合性評価技術

今後利用が拡大すると考えられる様々な無線設備の適合性評価技術に関し、電磁界測定設備、誘導電流測定設備、SAR測定設備等を用いた高精度かつ再現性に優れた電波防護指針適合性評価方法を確立し、実証する。

また、国際標準化活動に年2回以上の寄書を行なう等、我が国の無線設備に対する電波防護指針適合評価方法と国際標準との整合性の確保に努める。

③ 医学・生物実験のためのばく露装置及びばく露量評価

小動物ばく露装置、細胞用ばく露装置及びヒト被験者実験用ばく露装置

医学・生物実験で必要とされるばく露条件を満足するばく露装置について、仕様確定から10ヶ月以内に整備する。なお、動物実験用ばく露装置については、実験動物の移動による電波ばく露量の変動などを含む数値モデルを用いた詳細なばく露量評価を示すこと。細胞実験用ばく露装置については、±1度程度の温度制御機能を有するとともに、培養シャーレの設置位置の変動による電波ばく露量の変化などを含む詳細なばく露量評価を示すこと。ヒト被験者実験については、被験者に過度な電波ばく

露が生じない安全装置を含み、被験者の姿勢の変化による電波ばく露量の変化などを含む詳細なばく露量評価を示すこと。また、ばく露装置の改良方法について工学的見地から検証する。なお、本件は、総務省が別に契約する生体電磁研究課題（案）（別添１）のばく露装置とする。

疫学調査のためのばく露評価

疫学調査で必要とされる調査対象者の電波ばく露量の評価方法についての検討を行なう。調査対象者の電波ばく露量特性を明らかにするために、100人以上の個人ばく露量測定データを3ヶ月以上にわたり取得し、携帯電話端末のSARデータを取得する等から、調査対象者の携帯電話端末の利用形態と電波ばく露量との関連づけを行なう手法を確立する。また、ばく露評価方法の改良方法について工学的見地から検証する。

4. 実施期間

平成22年度から平成24年度まで3年間

5. その他

(1) 提案及び調査研究に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている到達目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して年度ごとの数値目標を定めること。

また、本評価技術の調査研究において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。

なお、提案に当たっては、3(1)検討課題に示す①②③を一括して提案する場合のほか、①、②又は③を部分提案できるものとする。ただし、②又は③を部分提案する場合には相応のばく露評価技術を有することを示すこと。また、部分提案する場合には、他の部分との連携を図る方法について示すこと。

(2) 調査研究の実施に当たっての留意点

本件調査研究の実施に必要な機材のうち別添2に記載されている機材については、総務省から受託者へ貸し出しが可能である。なお、手続や取扱いに関する詳細については「総務省所管に属する物品の無償貸付及び譲与に関する省令」に従うこと。

なお、各年度毎の実施状況については、当該年度の12月末までに中間報告すること。

生体電磁環境研究課題（案）

1 ヒトへの影響に関する研究

携帯電話からの電波の睡眠に対する影響

睡眠は動物にとって重要な機能であり、十分な睡眠がとれないと中枢神経機能のみならず、内分泌機能をはじめとする全身の機能に障害を生じる可能性がある。平成 19 年には、携帯電話使用直後に睡眠をとると、眠りに落ちるまでに長い時間がかかり熟眠しにくくなるという報告がされた。この事実は重要な問題であると考え、睡眠に対して携帯電話の電波が影響を与えないかを検討するための研究を行う。

2 疫学調査

小児・若年期における携帯電話端末使用と健康に関する疫学調査

小児・若年期における携帯電話端末使用と健康への影響を解明するため、小児を対象とした疫学調査（症例対照研究）を実施する。症例群について臨床情報を収集し、症例群の性、年齢、居住地域等や小児の頭蓋骨形状を踏まえ、総合的に携帯電話端末使用と健康への影響を調査する。

3 動物実験

(1) ミリ波、準ミリ波帯電波の眼部ばく露による影響の指針値妥当性の再評価

電波ばく露の影響を受けやすい器官と考えられている眼、特に眼球について、今後、日常での利用が見込まれるミリ波帯電波による水晶体、角膜に対する影響を調査するため、動物（家兔）を用いた実験を次のとおり行い、電波防護指針の妥当性を評価する。

(2) 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

複数の周波数成分を有する混合電波（UHF 帯、SHF 帯等）を小動物に照射した場合の生体への影響を明らかにするため、まず複数・混合電波ばく露評価に関する国際動向調査を行い、わが国のばく露環境を考慮したばく露条件を定める。次に定めたばく露条件下で、妊娠母動物に、複数・混合電波を全身ばく露し、妊娠母動物から出産された児動物に対しても同じく、複数・混合電波を全身ばく露する。これにより、妊娠中の母動物及び児動物の成長及び生殖能力への影響を明らかにする。得られた動物実験の結果を踏まえ、妊娠・小児を含む人体に対するドシメトリ評価を行う。

(3) 免疫システムの機能とその発達における電磁環境の影響に関する研究

電波環境下における免疫系への影響について、化学物質等で一般的に行われる標準的毒性試験で免疫毒性の兆候とされる項目に加えて、免疫システムへの機能的・形態的・分子的指標にて評価を行い、その影響を調査する。

(4) 電波のラット胎児造血器への影響評価

妊娠ラットを用い、携帯電話端末の最大電力と同等の電波（UHF 帯等）ばく露を行い、胎児が出産された後、ラット胎児（照射された妊娠ラットの子）の骨髄幹細胞測定・末梢血の分画測定を行い、ラット胎児に電波がばく露された際の造血器に与える影響を調査する。

4 細胞実験

免疫細胞及び神経膠細胞を対象としたマイクロ波照射影響に関する実験評価

我々の体には、恒常性を保つために、生体内に侵入した異物を生体外に排除する、免疫と呼ばれる防御システムが存在する。免疫力の低下は感染を引き起こしやすくなり、健康を損ないやすくなる。そこで、免疫細胞及び脳内免疫細胞として重要な役割を果たすことが知られている神経膠細胞に対して、携帯電話の電波が影響を与えないか検討するための研究を行う。

5 ドシメトリ ※

中間周波数帯の電磁界と人体との間接結合に関する数値ドシメトリ評価

解剖学的に詳細な日本人成人モデルにより、これまでの直立の人体モデルではなく、より現実に即した姿勢での接触電流による体内誘導量を数値的に定量化の上、この際の数値誤差について調査する。また、電波防護指針や、それと同等の国際ガイドラインで示された指針値及び接触電流を人体にばく露した場合の体内における誘導電界を計算する。

※ ドシメトリ：「ばく露量評価」の意。電波にさらされた人体等に誘導された比吸収率や温度上昇を定量化すること。

電波の人体への安全性に関する評価技術
無償貸与可能物品リスト

N O	機器名称	規格	数量	メーカー名	備考
1	SEMCAD X		2	松下テクノレーディング(株)	高周波電磁界シミュレーションソフトウェア http://www.mttco.co.jp/msm/emc/sc hm/index.html http://www.semcad.com/simulation/index.php
2	SEMCAD X 用解析高速化オプション aXware500		2	松下テクノレーディング(株)	
3	SEMCAD X 用解析高速化オプション CBI800		1	松下テクノレーディング(株)	
4	携帯端末擬似基地局	MT8820A	1	アンリツ(株)	http://www.anritsu.co.jp/j/products/tm/list.aspx?sID=21#213
5	擬似エレベーター		1	(株)雄島試作研究所	9 人乗りエレベータと同等の形状を有する準遮蔽環境
6	Field Nose (広帯域電磁界測定システム)		1	松下テクノレーディング(株)	http://www.mttco.co.jp/msm/emc/arcs/arcs_04.html
7	誘電体測定システム		1	(株)東陽テクニカ	低周波用インピーダンスアナライザ Solatron FRA 1260 http://www.toyo.co.jp/solartron/1260.html
8	インピーダンスアナライザ	4294A	1	アジレント・テクノロジー(株)	
9	アップライトファントム		1	(株)東陽テクニカ	直立型頭部ファントム(下記 URL の SAR 測定システム用の頭部ファントム) http://www.toyo.co.jp/emc/sar/system.html#2
10	SAR 測定用ロボットアーム		1	三菱電機システムサービス(株)	産業用ロボットアーム(DASY と同様のタイプ)
11	ネットワークアナライザ	PNA-L Network Analyzer / N5230A	1	アジレント・テクノロジー(株)	
12	キャリブレーションキット	85052B	1	アジレント・テクノロジー(株)	上記ネットワークアナライザの校正キット
13	Ecal module	N4691B	1	アジレント・テクノロジー(株)	同上(電子校正装置)
14	誘電率プローブキット	85070E	1	アジレント・テクノロジー(株)	液剤の電気定数測定用

15	SAR 測定及び校正用信号発生装置		1	アジレント・テクノロジー(株)	デジタル信号発生器
16	SAR プローブ校正用 5GHz 帯導波管システム		1	アソリツ(株)	デジタル信号発生器
17	ロボット RV-6S 用 架台		1	三菱電機システムサービス(株) 東京機電支店	ロボット用架台
18	H3DV6 磁界プローブ		1	松下テクノロレーティング(株)	SPEAG 社製 DASY システム(SAR 測定システム)用アクセサリ類 http://www.mttco.co.jp/msm/emc/schem/index.html
19	D2000V2 SAR 検証用ダイホール		1	松下テクノロレーティング(株)	
20	D5GHZV2 SAR 検証用ダイホール		1	松下テクノロレーティング(株)	
21	D1765V2 SAR 検証用ダイホール		1	松下テクノロレーティング(株)	
22	D1640V2 SAR 検証用ダイホール		1	松下テクノロレーティング(株)	
23	EX3DV4 SAR プローブ		1	松下テクノロレーティング(株)	
24	ER3DV6R 電界プローブ		1	松下テクノロレーティング(株)	
25	N5230A ネットアナ出力増幅システム		1	アジレント・テクノロジー(株)	
26	N1996A CSA スペクトラムアナライザ		1	アジレント・テクノロジー(株)	
27	PSG アナログ信号発生器		1	アジレント・テクノロジー(株)	
28	2.45GHz 帯導波管一式		1	島田理化工業(株)	
29	導波管固定治具		1	(株)雄島試作研究所	
30	DELL XPS プレミアムパッケージ		1	デル(株)	
31	PC HP xw8400/CT Workstation		1	日本ヒューレット・パカード(株)	
32	IPC マザーボード等 SYSTEM MI-K886-HC710/S		1	日本ヴァンシステム(株)	産業用 PC
33	ファントム用ライセンサー		1	(株)甲信商工	ファントム表面検出センサ
34	1mmSAR プローブ		1	(株)東陽テクノ	indexSAR 社製 SARA2(SAR 測定システム)用プローブ http://www.toyo.co.jp/emc/sar/system.html#2

35	SARA2 制御用 PC		1	(株) 東陽テクニカ	indexSAR 社製 SARA2 (SAR 測定システム) 用制御 PC http://www.toyo.co.jp/emc/sar/system.html#2
36	HFSS Pre/Post Processor (フローティング)		1	アンソフ・ジャパン(株)	高周波電磁界シミュレータライセンス http://www.ansoft.co.jp/index.php?pid=faWV7 プリポストソフト、複数プロセッサによる並列処理ソフト、高速化ソフト
37	Multiprocessing for HFSS (フローティング)		1	アンソフ・ジャパン(株)	
38	Optimetrics for HFSS (フローティング)		1	アンソフ・ジャパン(株)	
39	HFSS フローティングライセンス		1	アンソフ・ジャパン(株)	高周波電磁界シミュレータライセンス ソルバーソフトウェア http://www.ansoft.co.jp/index.php?pid=faWV7
40	液体型アンテナ (2)30□ 900L	特注品	1	(株) 雄島試作研究所	人体等価アンテナ
41	Hi-3702 クランプ電流計 Clamp-on Induced Current meter		1	(株) 東陽テクニカ	足首誘導電流計 http://www.ets-lindgren.com/page/?i=HI-3702
42	磁界測定器 3470-02		1	荒木電機工業(株)	http://www.hioki.co.jp/jp/newproduct/3470/3470_j.html
43	NardaS.T.S.社製 ELT-400 型用 3cm2 磁界プローブ		1	東洋メディック(株)	http://www.toyo-medic.co.jp/keisoku/lfriq/elt400.html
44	磁界計(3軸アナログ出力)一式		1	(株) 朴ニクス	電力中研製 3 軸磁界センサ(3 つとも同じものです)。 センサのみなので、測定にはオシロスコープ等が必要です。
45	3 軸アナログ磁界計		1	(株) 朴ニクス	
46	磁界計(3 軸アナログ出力)		1	(株) 朴ニクス	
47	EME 真空攪拌脱泡ミキサー V-mini300		1	鹿島通商(株)	電気定数測定用生体試料調製用
48	電波エリプソメータシステム		1	ベガテクノロジー(株)	ミリ波帯材料評価システム
49	ベクトルネットワークアナライザ (VNA)E8364B		1	アジレント・テクノロジー(株)	
50	マルチビーンズショッカー		1	安井機械株式会社	電気定数測定用生体試料調製用粉体加工装置
51	水分測定システム (KF-200, VA-200)		1	竹田理化工業(株)	
52	全身曝露実験用システム改修		1	NTTアドバンステクノロジー(株)	DIMS 研ばく露装置改良用装置(増幅器、シールド箱補修等)
53	全身曝露システム追加改修作業		1	NTTアドバンステクノロジー(株)	

54	産業用 PC FA3100A 1		1	NTTアドバンステクノロジー(株)	ばく露装置制御用 PC(長期保守対象品)
55	産業用 PC FA3100A 2		1	NTTアドバンステクノロジー(株)	ばく露装置制御用 PC(長期保守対象品)
56	全身曝露実験用システム改修		1	NTTアドバンステクノロジー(株)	DIMS 研ばく露装置改良用装置(ばく露用アンテナ開発等)
57	誘電体レンズ 直径 15 cm 焦点距離 15cm	特注品	1	(株)関東電子応用開発	ミリ波ばく露用レンズアンテナ
58	誘電体レンズ・ホーン	特注品	1	(株)関東電子応用開発	レンズアンテナ保持用ホーン
59	端末模擬曝露装置		1	アソツ(株)	携帯電話端末電波ばく露装置
60	Twin Child Shell Phantom		1	ネクstem(株)	疫学調査用小児頭部ファントム(特注品)
61	3D プリント造形システム		1	東北システム(株)	固体ファントム開発用 3次元形状削り出し装置
62	0.8-4.2GHz 帯パワー アンプ		1	セキテクノ(株)通信計測機器部	高出力アンプ(50W 級)
63	4.0-10.6GHz 帯パワー アンプ		1	日本オートマテック・コントロール(株)	高出力アンプ(50W 級)
64	リンザイス社 高分解 高容量示差走査熱量計		1	(株)日本サマル・コンサルティング	カロリメータ → (1)電磁波ばく露量評価装置へ
65	日本アビオニクス(株) 赤外線カメラ TVS-500EX		1	加賀電子(株)	赤外線温度計
66	米ラストロン社製 Model 3300 ファイ バー温度計		1	(株)オプトサイエンス	光ファイバー温度計
67	サイトマスタ 25-4000MHz S332D		2	アソツ(株)	携帯型スペクトラムアナライザ
68	赤外線サーモグラフィ - IR Insight		1	(株)アイ・アール・システム	赤外線温度計(ハンディタイプ)
69	曝露試験用制御 ソフトウェア	特注品	1	アソツ(株)	
70	液剤中 SAR プロ ーブ較正用標準 アンテナ	特注品	2	アンテナ技研(株)	450MHz 帯及び 5.2GHz 帯 各 1 式
71	W 帯用導波管パ ワーセンサ	W8486A	3	アジレント・テクノロジー(株)	
72	76GHz 信号発生 システム		2	QUINSTAR 社製	信号源及び導波管
73	携帯電話端末ばく 露装置システム	特注品	1	アソツ(株)	被験者実験用
74	ばく露箱		2	NEC トーキン(株)	小動物実験用

75	マイクロ波曝露システム	MG3700A A1822-5050-R	2	アソリツ(株) R&K 社製	信号発生器 増幅器
76	携帯電話端末信号アナライザ	MS2691A	1	アソリツ(株)	
77	携帯電話基地局シミュレータ	MT8820B	1	アソリツ(株)	
78	SAR 測定システム	DASY5	1	SPEAG 社製	
79	低周波用 SAR プローブシステム		1	NPL 社製	
80	低周波用誘電率測定システム		1	NPL 社製	
81	携帯電話端末出力電力測定装置	特注品	1		
82	サンプルホルダ及び恒温槽		1	Solartron 社製	

※特注品等の詳細については、総務省担当係までお問い合わせください。