

総務省による 電波の安全性等に関する研究について

**令和 7 年 4 月
事務局**

- **リスク評価に関する研究**

電波ばく露装置開発等の工学研究と連携した医学・生物研究や工学研究での電波ばく露評価等を通じて、健康影響の有無、量と反応の関係、電波ばく露の実態等を明らかにすることを目的とする研究

- **リスク管理に関する研究**

電波ばく露による健康影響から国民を防護するために、安全指針値を策定すること及びその値への適合性の確認をすることを目的とする研究

- **リスクコミュニケーションに関する研究**

関係者間の情報共有やコミュニケーションを通じて、電波の人体に対する安全性に関する国民の理解の深化に寄与する研究

- **リスク評価に関する研究**

電波ばく露装置開発等の工学研究と連携した医学・生物研究や工学研究での電波ばく露評価等を通じて、健康影響の有無、量と反応の関係、電波ばく露の実態等を明らかにすることを目的とする研究

- **リスク管理に関する研究**

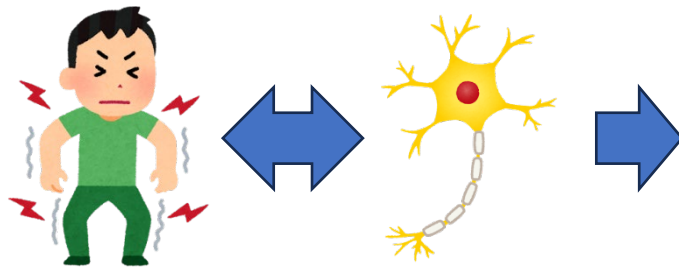
電波ばく露による健康影響から国民を防護するために、安全指針値を策定すること及びその値への適合性の確認をすることを目的とする研究

- **リスクコミュニケーションに関する研究**

関係者間の情報共有やコミュニケーションを通じて、電波の人体に対する安全性に関する国民の理解の深化に寄与する研究

実施期間	令和6年～令和10年（5カ年）
研究機関	名古屋工業大学、電力中央研究所
対象周波数	中間周波（10kHz～10MHz）、高周波（10MHz～6GHz）のうち100MHz程度まで
研究概要	- 電波の安全性に関する国際ガイドラインでは、10 kHz以上の中間周波について神経細胞などが電氣的に興奮する「刺激作用」と呼ばれる現象が制限値を決定するための根拠となっている。 - 一方、将来の国際ガイドラインの改定に際しては、ヒトに対する有害影響である「痛み」に関する刺激作用の「しきい値」を明らかにすることが求められている。 - 本研究では、中間周波による痛みのしきい値をヒト実験と細胞実験により精密に評価する。 - 取得した実験データを用いて、痛みにかかわる神経細胞の応答をコンピュータ上で再現できる新しい数値モデルを構築し、広範な中間周波の電波に対する痛みのしきい値を計算により推定する。 - 実験と計算の両結果を総合し、国際ガイドラインの改定に資する新しい制限値に貢献する。
期待される成果	- 中間周波の電波ばく露により生じる痛みのしきい値を明らかにすることができる。 - 最新の科学的知見に基づく新しい国際ガイドラインの策定への貢献を通じて、安全・安心な電波利用の実現に貢献することができる。

特徴①：痛覚閾値の精密な評価



- 痛覚をつかさどる神経線維のみを対象とした刺激応答評価手法の確立
- ヒト実験と細胞実験の融合による痛覚閾値の精密な評価と検証

特徴②：計算手法・数値モデルの構築



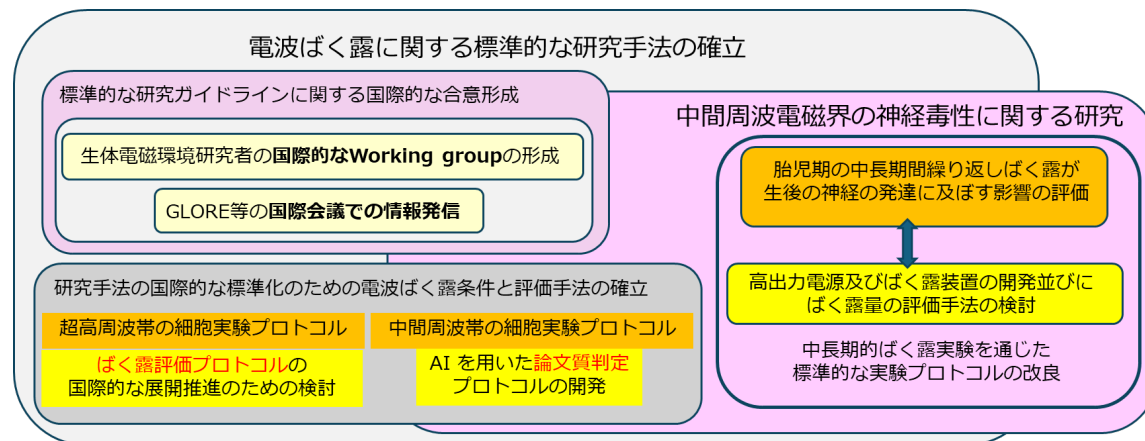
- 医用画像に基づく新しい体内誘導電界強度の推定手法の確立
- 痛覚にかかわる神経応答を再現できる新しい数値モデルの構築

特徴③：許容電磁界強度の提案



- ヒト～細胞レベルでの痛覚閾値の総合評価に基づく許容電磁界強度の提案
- 新しい科学的根拠に基づく国際ガイドラインや電波防護指針の策定への貢献

実施期間	令和6年～令和9年（4カ年）
研究機関	明治薬科大学、東京都立大学、鉄道総合技術研究所
対象周波数	中間周波（10kHz～10MHz）、高周波（10MHz～6GHz）、超高周波（6GHz～3THz）
研究概要	- 電波の生体影響に関する研究論文には、ばく露条件などが明確になっている質の高い研究と再現性に乏しい質の低い研究の論文が混在しているため、研究者自らが研究の質を担保するためのガイダンスを作成し、国際的な合意を得ることを目指す。 - 大規模言語モデル（LLM）を用いて生体影響に関する研究論文の質判定システムを構築する。 - 中間周波帯の発達神経毒性に関する研究論文が無く、中間周波帯のハザードが刺激作用であることに鑑みて、妊娠マウスのばく露を行い、出生子の行動解析を行い、発達神経毒性の有無を検討する。 - 前のプロジェクトで作成したヒト皮膚3次元モデルを用いた超高周波帯の標準的な実験プロトコルの検証を進める。
期待される成果	- 研究の質を向上させるガイダンスおよび標準的な実験プロトコルが普及すれば、リスク評価において参照可能な研究が充実することが期待される。 - 多頭同時ばく露中のマウスをカメラで撮影し、位置や姿勢変化を考慮したばく露モニタリングシステムを開発することで、精密なばく露量を推定し、生体影響との関係を明らかにすることが可能になる。 - LLMによる文献の質判定システムを用いることで、情報更新の頻度を高めることで、最新の情報をリスク評価に反映させることが可能となる。



実施期間	令和6年～令和10年（5カ年）
研究機関	北海道大学
対象周波数	中間周波（10kHz～10MHz）、高周波（10MHz～6GHz）、超高周波（6GHz～3THz）
研究概要	・ 青少年の携帯電話等の電波ばく露と健康との関連の有無を推定する。 ・ 青少年の電波ばく露量の経時的な変化を、携帯型電波ばく露測定器等を使った実測や質問票による推定に基づいて定量的に評価する。 ・ 海外の研究コンソーシアムに参画して研究成果を国際比較する。
期待される成果	・ 携帯電話等の電波ばく露が青少年の健康（問題行動、知能、認知、メンタルヘルス、睡眠等）に及ぼす影響を評価する。 ・ 携帯型電波ばく露測定器と質問票調査を通して、青少年の電波ばく露量を定量的に明らかにする。 ・ 統一された方法で実施される国際共同研究に参画して、電波ばく露による健康影響について、より確かな科学的知見を提供する。



「環境と子どもの健康に関する北海道スタディ」にて調査

	電波ばく露	健康アウトカム
①質問票調査 (令和6-8年 & 8-10年) N = 11,000	携帯電話等 電子機器の使用状況 (スクリーンタイム等の交絡要因)	問題行動、 メンタルヘルス、 頭痛、睡眠 等
②対面調査 (令和6-10年) N = 300	携帯型電波ばく露 測定器による測定 	・ 睡眠測定 (アクチグラフ) ・ 脳波測定 (13-15歳) ・ 知能検査 (15-16歳) ・ 認知機能検査 (17-19歳)

+

③国際共同研究



①②の結果を国際比較



参画可能性を検討

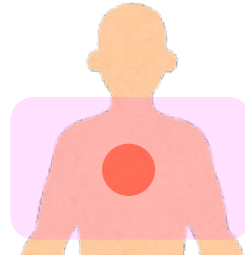
実施期間	令和5年～令和8年（4カ年）
研究機関	名古屋工業大学、久留米大学、佐賀大学
対象周波数	高周波（10MHz～6GHz）のうち2GHz、超高周波（6GHz～3THz）のうち28GHz
研究概要	- 電波の安全性に対する評価指標は、6GHzを境に異なる物理量が用いられている。 - 電波利用形態の変化に伴い、6GHzをまたぐ複合電波ばく露指針に関する定量的評価が求められている。 - 人体皮膚に対するミリ波の電波のばく露実験を行い、皮膚感覚に対する影響を評価するとともに、高周波と超高周波の複合ばく露に対する応答についても調査する。 - 取得データに基づいた複合電波ばく露における人体温熱生理応答を考慮した汎用性の高い新規シミュレーションモデルを構築する。
期待される成果	- ばく露時の体温変化と評価指針の用量反応関係を明らかにする。 - 生体影響に関する最新データと安全のための推定値を提供することで、国際ガイドライン策定への寄与を目指す。

特徴①：人体を対象とした複合ばく露実験



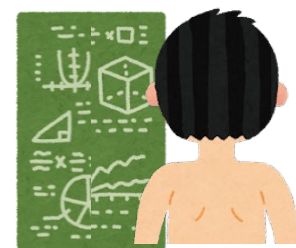
- 複数周波数帯における全身(部分)ばく露
- 全身ばく露と局所ばく露
- 評価指標の異なる周波数帯の同時利用を反映した実験系

特徴②：人体の体温・皮膚感覚を生体学的指標とする定量的影響評価



- 高周波と超高周波の複合ばく露に対する生体反応を調査
- 皮膚感覚（温感・冷感・触覚・痛覚）に対する影響を評価
- 生体内における液性因子（ストレスマーカー等）の変化を分析

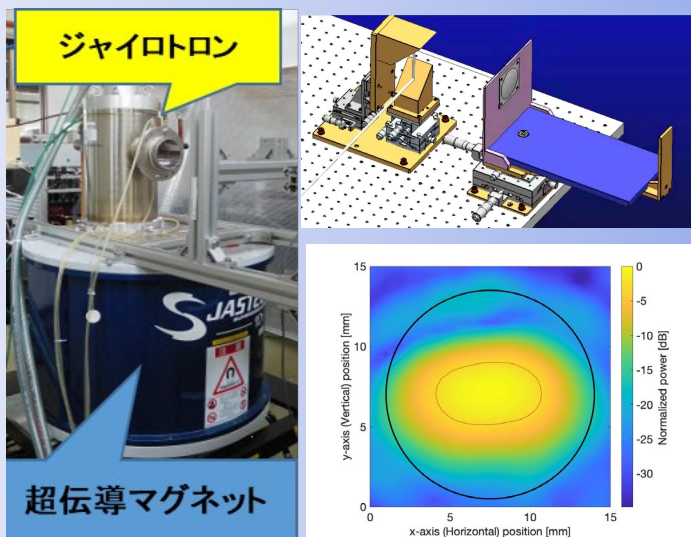
特徴③：実測実験とシミュレーションのハイブリット解析



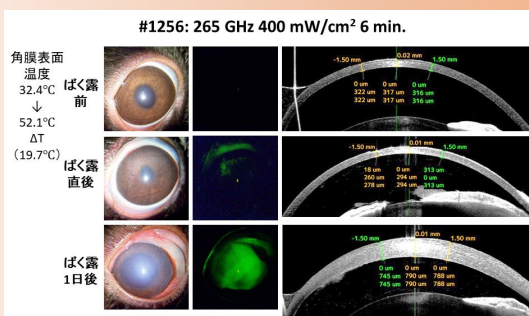
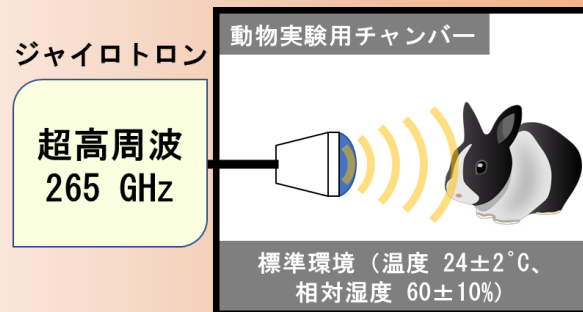
- 生体反応閾値を実験とシミュレーションの両方向からリスク評価する試み（前例なし）
- 実測が困難な子どもや高齢者等の全身ばく露評価も少数の被験者（あるいは過去の文献値）から推定

実施期間	令和5年～令和8年（4カ年）
研究機関	金沢医科大学、福井大学、東京都立大学
対象周波数	超高周波（6 GHz～3 THz）のうち265 GHz
研究概要	我が国の電波防護指針は主に連続波による生体影響を想定しているが、第6世代無線通信システム(6G)では、パルス的な信号波形の使用が想定されている。そこで本研究では、1) 安全性評価のための新規ばく露装置の開発 , 2) 連続波とパルス波ばく露による眼障害の比較 , 3) 眼部、体部皮膚の障害比較 , 4) 超高周波による眼障害閾値等のシミュレーション予測 を実施する。
期待される成果	- 眼部、皮膚の障害閾値検索より、電波防護指針の指針値の妥当性及び見直しの有無を検証 - 国際ガイドラインへの貢献

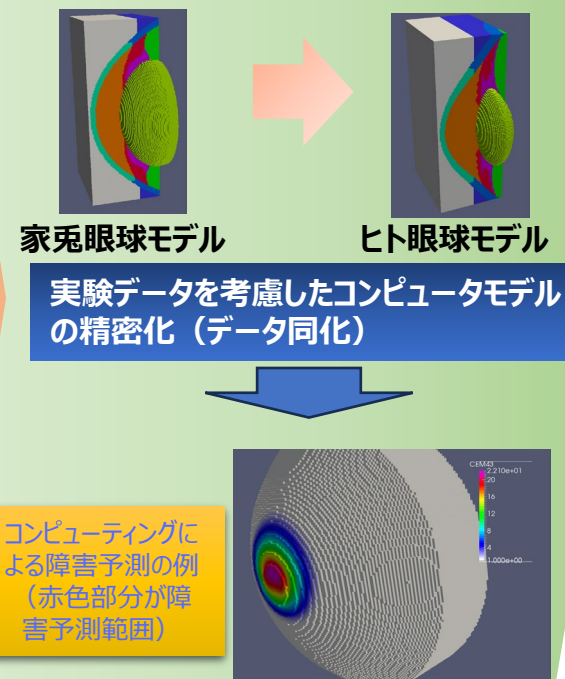
生体影響を検証するための高出力電磁波ばく露システムの開発



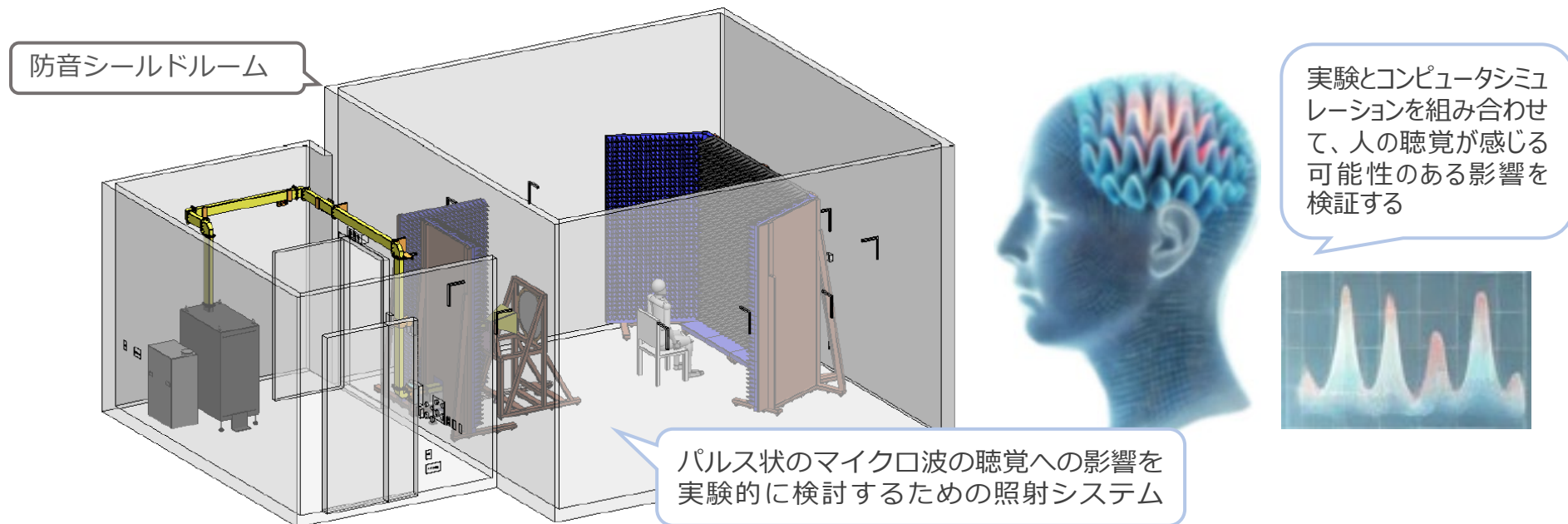
電磁波ばく露による眼部や皮膚への生体影響の検証



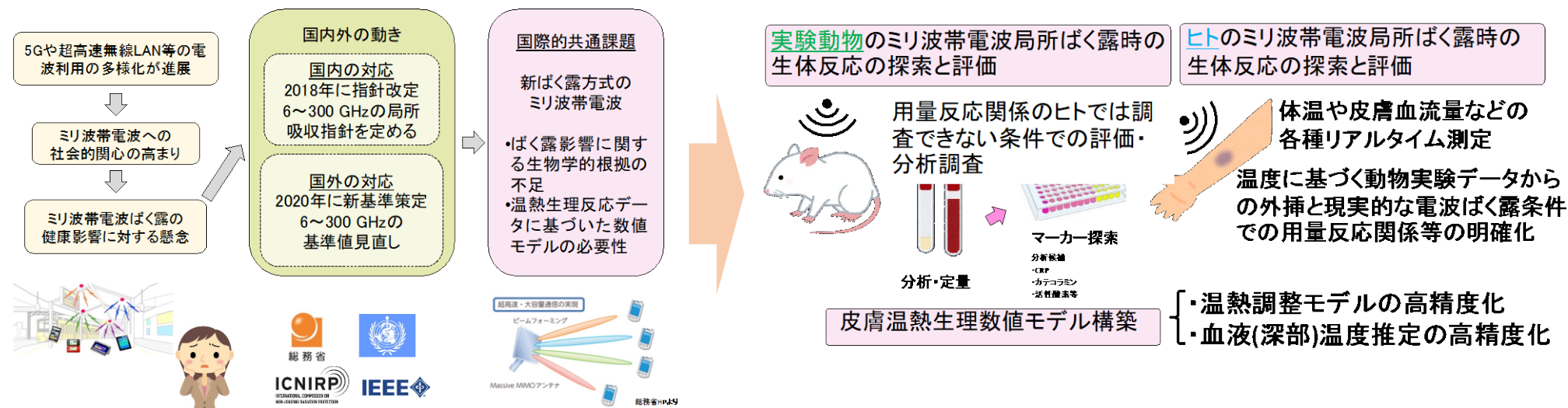
生体影響のシミュレーション予測



実施期間	令和4年～令和8年（5カ年）
研究機関	東京都立大学、杏林大学
対象周波数	高周波（10MHz～6GHz）のうち2.45 GHz帯
研究概要	本研究では、電波の安全性について、特に短い時間で強い強度を持つパルス状の電波（電磁波）に着目し、人体への影響を調査する。実験とコンピュータシミュレーションを組み合わせ、人が感じる可能性のある影響、特に熱弾性波理論として知られている聴覚での感覚について詳しく検証し、現在の安全基準の妥当性を確認する。この研究により、私たちが日常的に使用している電波の安全性について、科学的な根拠を提供を行う。
期待される成果	電波防護指針の指針値の妥当性および見直しの提言 - 国民の電波利用における安全・安心の担保に資する知見の創出 国際的なガイドラインへの貢献



実施期間	令和3年～令和6年（4カ年）
研究機関	北海道大学、久留米大学、愛知学院大学、電気通信大学
対象周波数	超高周波（6 GHz～3 THz）のうち60 GHz
研究概要	- 第5世代移動通信システム（5G）や超高速無線LAN、自動車衝突防止レーダーなど、今後の電波利用の発展においてミリ波帯電波の必要性が高まっている。 - ミリ波電波の安全・安心な利用環境整備が求められており、我が国やICNIRPなどの国際機関はこれら周波数帯に対するガイドラインの更新を行ったが、ミリ波帯電波の生体影響については生物学的根拠が不足しているとの指摘があり、特に皮膚組織に対する影響調査が待たれている。 - 本研究は、スマートフォン端末等のミリ波帯電波送信機が人体に近接して置かれている状況で生じる局所ばく露を対象に、皮膚組織で生じる温熱生理反応を調査し、ミリ波帯電波に対する反応閾値の推定および提唱を行う。さらに、温熱生理反応の実データを導入した新たな数値モデルを構築し、シミュレーションによる安全性評価の高精度化を実現する。
期待される成果	- ミリ波帯における現実的な局所電波ばく露における皮膚への生体影響データの取得。 - ICNIRP等国际ガイドラインや我が国の電波防護指針に関するエビデンス提供、指針値高精度化の実現、5G製品規格などへの反映、安全な電波環境づくりに寄与。



実施期間	令和元年～令和6年（6カ年）
研究機関	香川大学、名古屋工業大学 他
対象周波数	高周波（10MHz～6GHz）のうち900MHz
研究概要	米国国家毒性プログラム（NTP）は電磁波暴露による発がん性試験の結果、ラットのオスの脳と心臓に対して 発がん性 が証明されたと報告した（2018年）。この発がん性評価に対する検証実験として 電磁波の長期発がん性試験 を行う。この発がん性試験は日本と韓国とで協調して行い、電磁波による発がん性の有無に関する新たなデータを国際的な発がん性評価機関に提供できる。これにより、電磁波の発がん性の有無に関して、日本と韓国の両国からの実験結果を提供でき、より客観的で正確な評価が行えるものと期待される。
期待される成果	電磁波による発がん性 に関する最新の知見を 国際的な評価機関に提供 でき、電磁波の発がん性の有無に関してより正確な評価ができるものと期待される。

IARCの発がん性評価(2018年)

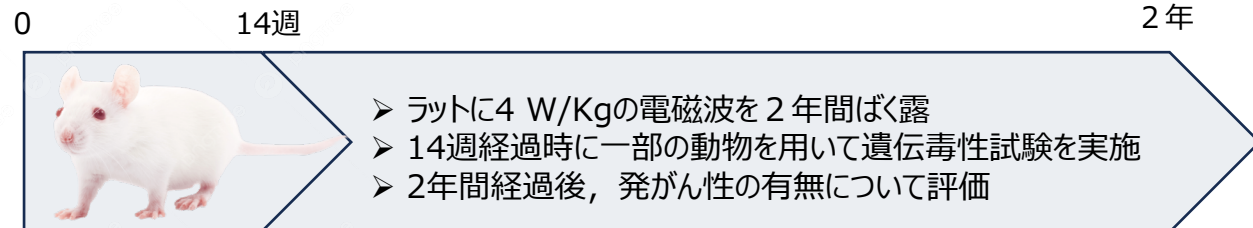
携帯電話と脳腫瘍（神経膠腫、聴神経鞘腫）の疫学研究の限定的な証拠と、動物の長期ばく露実験研究の限定的な証拠から、IARCは無線周波電磁界を、「発がん性があるかもしれない（グループ2B）」とハザード評価した。

IARCの発がん性の分類

動物実験結果 ヒト疫学 生物学知見	十分な根拠がある	根拠はあるが限定的	根拠が不足	根拠に欠ける
十分な根拠がある	グループ1	グループ1	グループ1	グループ1
根拠はあるが限定的	グループ2A	グループ2B	グループ2B	グループ2B
根拠が不足	グループ2B	グループ3	グループ3	グループ3
根拠に欠ける	グループ2B	グループ4	グループ4	グループ4

各グループの発がん物質の事例

グループ1	発がん性がある	カドミウム、ダイオキシン、アスベスト、たばこ など
グループ2A	おそらく発がん性がある	PCB、ホルムアルデヒド、ディーゼルエンジン排ガス など
グループ2B	発がん性があるかもしれない	クロロホルム、鉛、コーヒー、ガソリンエンジン排ガス、超低周波電磁界、無線周波数電磁界 など
グループ3	発がん性を分類できない	カフェイン、原油、水銀、お茶、蛍光灯、超低周波電界
グループ4	おそらく発がん性はない	カプロラクタム（ナイロンの原料）



電磁波ばく露室

発がん性の評価

IARCでの電磁波発がん性評価に重要な新知見を提供できるものと期待される。

- **リスク評価に関する研究**

電波ばく露装置開発等の工学研究と連携した医学・生物研究や工学研究での電波ばく露評価等を通じて、健康影響の有無、量と反応の関係、電波ばく露の実態等を明らかにすることを目的とする研究

- **リスク管理に関する研究**

電波ばく露による健康影響から国民を防護するために、安全指針値を策定すること及びその値への適合性の確認をすることを目的とする研究

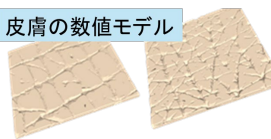
- **リスクコミュニケーションに関する研究**

関係者間の情報共有やコミュニケーションを通じて、電波の人体に対する安全性に関する国民の理解の深化に寄与する研究

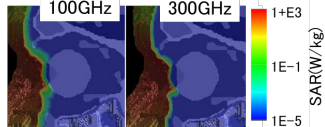
実施期間	令和3年～令和7年（5カ年）
研究機関	国立研究開発法人情報通信研究機構
対象周波数	中間周波（10kHz～10MHz）のうち85kHz、高周波（10MHz～6GHz）のうち700MHz～6GHz、超高周波（6GHz～3THz）のうち6GHz～70GHzおよび100GHz～600GHz
研究概要	5Gや次世代以降の携帯電話システムであるBeyond 5G/6G等では通話やデータ通信だけでなく、IoTセンサ通信やドローンやロボットの自動運転等の様々な用途にも使われることが見込まれており、これらの多様化する新しい無線システムからの電波にさらされた人体の安全性を適切に評価するために下記の研究を進めている。 - Beyond 5G/6Gではテラヘルツ波と呼ばれる非常に高い周波数の電波を使うことが想定されており、特に電波の安全基準（電波防護指針）が策定されていない300 GHzを超える周波数の電波が人体のどこにどれだけ吸収されるのかを明らかにするための技術（ばく露評価技術）を研究開発している。 - 高機能化し続けている5Gのスマホや基地局等からの電波が安全基準を満足していることを簡便かつ高い信頼性で評価する技術（適合性評価技術）を研究開発している。
期待される成果	- 本研究成果を活用してテラヘルツ波のばく露評価データを蓄積することで、テラヘルツ波の安全基準を策定することができ、テラヘルツ波を用いるBeyond 5G/6G等の安全性を適切に評価することが可能になる。 - 本研究成果を活用して5Gのスマホや基地局等の安全性を簡便かつ適切に評価することが可能となり、5Gシステムの安全性の向上や5Gシステム・製品の開発・運用のコスト削減が可能になる。

テラヘルツ波のばく露評価技術

皮膚の数値モデル

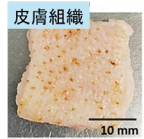


数値人体モデル（眼球周囲）を用いたテラヘルツ帯における電波吸収分布

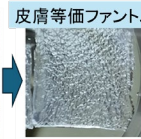


テラヘルツ波のばく露評価のためのコンピューター計算モデル（数値モデル）の開発と数値計算例

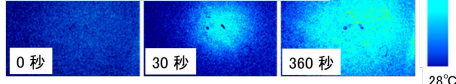
皮膚組織



皮膚等価ファントム

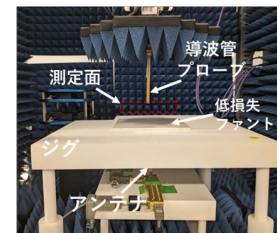


電波ばく露（265GHz）での皮膚等価ファントムの温度分布変化

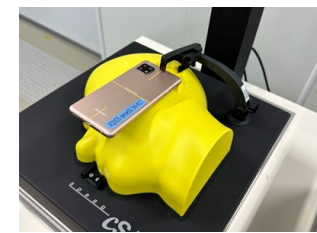


テラヘルツ波のばく露評価のための生体を模した実験モデル（ファントム）の開発と測定結果例

5Gシステムの安全基準への適合性評価技術



最近に導入された新しい安全基準を5Gスマホ等が適合しているかどうかを実験的に確認するための手法と装置を開発中。



高機能化し続けている5Gスマホの安全基準への適合性を短時間で確認するために最近導入された新しい測定システム・手法の妥当性を確認中。

- **リスク評価に関する研究**

電波ばく露装置開発等の工学研究と連携した医学・生物研究や工学研究での電波ばく露評価等を通じて、健康影響の有無、量と反応の関係、電波ばく露の実態等を明らかにすることを目的とする研究

- **リスク管理に関する研究**

電波ばく露による健康影響から国民を防護するために、安全指針値を策定すること及びその値への適合性の確認をすることを目的とする研究

- **リスクコミュニケーションに関する研究**

関係者間の情報共有やコミュニケーションを通じて、電波の人体に対する安全性に関する国民の理解の深化に寄与する研究

実施期間	令和6年～令和10年（5カ年）
研究機関	国立研究開発法人情報通信研究機構、公立大学法人静岡社会健康医学大学院大学
対象周波数	中間周波（10kHz～10MHz）、高周波（10MHz～6GHz）、超高周波（6GHz～3THz）
研究概要	電波ばく露の実態を適切に国民に説明し、国民が電波を安全・安心に利用できる環境を構築するために、 - 日常生活における多様な発生源によるばく露特性を評価し、人体ばく露の実態について定量的・継続的に把握する。 - 電波利用の発展と拡大にともなう適切なリスク認知を広めるために、将来的な技術革新に応用可能な双方向のリスクコミュニケーションの在り方を示す。
期待される成果	- 様々な場所及びライフスタイルを踏まえたばく露レベルの変動を含むばく露トレンドの全体像を明確化する。リスクコミュニケーション・疫学研究への利用や国際標準化への寄与が想定される。 - 電波ばく露レベルモニタリングデータ等に基づくリスクコミュニケーションの方法論を確立する。国内外のリスクコミュニケーションへの活用が想定される。



モニタリングデータ取得のイメージ

7 総括ロードマップ

【参考】生体電磁環境に関する研究戦略検討会
第一次報告書概要（平成30年） 抜粋

2019年

2025年

EHC・ICNIRP(中間周波)
への成果入力※

2030年

EHC・ICNIRP(高周波・
超高周波)への成果入力※

2040年

※2040年以降も随時成果を入力

がんを含む疾病との関連についての症例対照研究

刺激作用の閾値の調査、接触電流の調査等について
実測とシミュレーション技術を用いた研究

確立されていない作用の評価に必要な
研究方法の標準化

第1世代、第2世代携帯電話システム
利用者の晩発性疾病に関する研究

NTP研究の確認研究

超高周波の電波ばく露と温熱感覚・痛覚の
閾値に関する研究

実環境であり得る環境条件を考慮した電波に
よる眼障害閾値に関する研究

確立されていない作用の評価に必要な
研究方法の標準化

安全指針値定義（平均化領域・平均時間等）の
高精度化

WPTの適合性評価方法の改良・標準化

安全指針値定義（平均化領域・平均時間等）の
高精度化

マイクロ波WPTの適合性評価方法の開発と標準化

安全指針値定義（平均化領域・平均時間等）の
高精度化

5G等の適合性評価方法の開発と標準化

標準化手法に基づく中間周波の電波ばく露の影響に関する動物研究

標準化手法に基づく中間周波の電波ばく露の影響に関する細胞研究

高周波と超高周波の複合的な電波ばく露の
生理応答に関する研究

標準化手法に基づく超高周波の電波ばく露の影響に関する動物研究

標準化手法に基づく超高周波の電波ばく露の影響に関する細胞研究

ビッグデータ等を活用した、
がんに関する症例対照研究

テラヘルツ波電波ばく露の熱作用に関する研究

今後利用される可能性のある電波利用技術（～
3THz）の熱作用の反応閾値に関する研究

安全指針値根拠（閾値（人体への
電波ばく露量））の不確かさ評価

基本制限（体内誘導電界）の直接測定に基づく適合性評価方法の開発と標準化

安全指針値根拠（閾値（人体への
電波ばく露量））の不確かさ評価

IoT・ウェアラブルヘルスケアデバイスの適合性評価方法の開発と標準化

安全指針値根拠（閾値（人体への電波ばく露量））の不確かさ評価

安全指針値の拡張（上限周波数をテラヘルツ波に拡張）

テラヘルツ波利用システムの
適合性評価方法の開発と標準化

電波ばく露レベルモニタリングデータの取得・蓄積・活用

全期間を通じて、
国際規格等に随時反映