

第5世代携帯電話基地局からの電波強度測定

国立研究開発法人情報通信研究機構 電磁波研究所
電磁波標準研究センター 電磁環境研究室

おにし てる お
大西 輝夫



1. はじめに

我々の身の周りで使用されている放送、第5世代移動通信システム（5G）を含む携帯電話システム、無線LAN機器等からの電波は、電波防護指針^[1]に基づき人体に悪影響を及ぼさない範囲で利用されている。しかしながら、電波は確実に身の周りに存在しながら目に見えないこと、更に5Gでは新しい技術や周波数帯を使用しているため、海外のみならず我が国においても一部で電波に対する不安の声が上がっている。そのような背景において海外では、携帯電話基地局アンテナの情報や電波ばく露レベルのモニタリング結果をホームページ等で公開している^[2-4]。また、欧州では研究助成プログラムであるHorizon Europe^[5]において、2つのプロジェクトSEAWave (Scientific-Based Exposure and Risk Assessment of Radiofrequency and mm-Wave Systems from children to elderly (5G and Beyond))^[6]及びGOLIAT (5G expOsure, causaL effects, and rIsk perception through citizen engAgement)^[7]が2022年に開始された。各プロジェクトは複数のワークパッケージに分かれており、電波ばく露レベルモニタリングやリスクコミュニケーション等の研究を行っている。

一方国内では、総務省の「生体電磁環境に関する研究戦略検討会」にて、電波の安全性に関する中長期的な研究の在り方について検討を行い、研究手法ごとの具体的な研究の方向性や2040年までの中長期的なロードマップ等について2018年に報告書に取りまとめている^[8]。報告書では、リスクコミュニケーションに関する研究に関して、様々な発生源からの電波の強さを網羅的に測定してそのデータを長期的に蓄積し、電波ばく露レベルの情報を広く共有することを求めている。上記のニーズを受け、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）では、情報通信分野を専門とする我が国唯一の公的研究機関として、電波ばく露レベルモニタリングデータの取得・蓄積・活用の研究を2019年度に開始した。本研究は、主に日常生活における電波環境を網羅的に明確にするとともに、電波利用の発展と拡大に伴うリスクの可能性についての適切な説明と対話を可能にするリスクコミュニケーションの在り方を示すことを目的としている^[9]。

NICTでは、屋外及び地下街における携帯電話基地局からの電波、屋外における放送送信所からの電波、住居内・教室における携帯電話基地局・端末及び放送送信所からの電波の測定を行っている。その中で本稿では、5G携帯電話基地局からの電波の測定結果について紹介する。

2. 測定概要

実環境の電波レベルを網羅的に把握するためのモニタリングの手法については、図1のとおり①スポット測定、②定点測定、③車（電測車）による測定、④携帯型測定等に大別できる。①のスポット測定は任意の測定地点において一時的に測定を行うものであり、柔軟な測定条件の設定が可能である反面、広範囲な測定には人的リソースの制約による限界がある。②の定点測定は、場所を固定し連続で長期の測定を行うことで電波レベルの時間変動の傾向を把握することができる。③の電測車による測定では、測定器を搭載した車両が走行しながら測定を行う。個々の地点における電波レベルの時間変動は取得できないが、広範囲な空間分布を効率的に把握することが可能である。④の携帯型測定は、個人が小型の測定器を携帯して測定を行う手法であり、個人が実際に受ける電波レベルを継続的に観測することができる。このような測定は「微小環境測定」とも呼ばれている。これらの手法はそれぞれに特徴と制約があるが、相補的に組み合わせて活用することで、データの偏りを抑えつつ、大規模かつ詳細な電波レベルデータの取得が可能となる。

5G導入初期には、実環境における5Gに関する電波レベル



■図1. モニタリング方法の概要^[9]



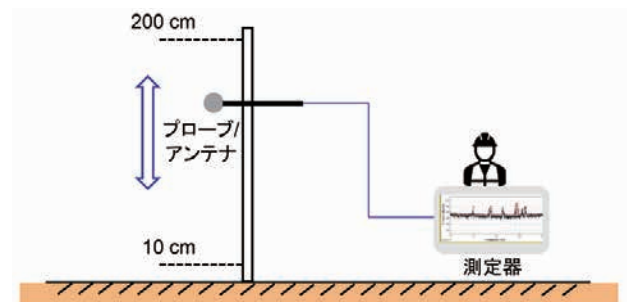
データがほとんど存在しなかった。そのため本測定では、5G携帯電話基地局からの電波レベルの詳細を把握することを目的として、2022年度後半にスポット測定を実施した。測定対象の周波数帯を表1に示す。5Gは時分割複信（TDD：Time Division Duplex）を採用しており、携帯電話端末から基地局への送信（上り）と、基地局から端末への送信（下り）で同一の周波数を用いる。このため上りと下りの信号を明確に区別することが難しいが、TDD方式の周波数帯は下りの信号の割合が高いため、測定結果は携帯電話基地局からの送信電波として評価した。なお近年では、従来4G（第4世代移動通信システム）までに割り当てられていた周波数帯についても5Gシステムでの利用が認められており^[10]、既に一部運用されている。しかし本稿では、より5G固有の特性を反映しやすい周波数帯として、新たに割り当てられた周波数帯であるFrequency Range1（FR1）の3.7GHz帯、4.5GHz帯と、Frequency Range2（FR2）の28GHz帯を対象とした（表1）。特に28GHz帯は国際的にも実測例がほぼなく、本測定結果が今後の基礎データとして重要な意義を持つと考えられる。

測定は、FR1及びFR2それぞれにおいて商用運用されている基地局からの電波を対象とし、東京都内・近郊51地点^[11]及び都内3か所^[12]にて実施した。FR2に関しては、測定当時、運用中の基地局が限定的であったことから、1基地局周辺における異なる5地点で測定を行った。FR1の測定にはスペクトラムアナライザ（MS2090A、アンリツ）と6GHzまで使用可能な3軸等方性アンテナ（2000-1791-R、アンリツ）を使用し、FR2の測定には3軸等方性アンテナに代えて28GHz帯に対応したアンテナを用いた^[12]。加えて、実際の通信環境における基地局からの電波レベルをより現実的に評価するため、FR1において6.6GB、FR2において10GBのデータを携帯電話端末にダウンロードしながらの電界強度の測定を行った。なお、ダウンロード時には端末から基地局への送信（上り）も発生するが、測定結果への影響を最小化するため、可能な限り基地局からの下り信号を評価できるように配慮した。

また、測定者の人体の影響を最小限に抑えるため、電界

■表1. 対象周波数

名称	周波数帯域 [GHz]
3.7GHz帯 (FR1)	3.6–4.1
4.5GHz帯 (FR1)	4.5–4.6
28GHz帯 (FR2)	27.0–29.5



■図2. 測定概要

プローブ若しくはアンテナをFRP（Fiber Reinforced Plastics）製の治具に固定し、スペクトラムアナライザとはケーブル接続とした。FR2の測定では、平成11年郵政省告示第300号^[13]に準拠し、測定高を決めるために各測定点において垂直方向の走査を実施した（図2、3参照）。具体的には、地上高0.1mから2mまで0.1m間隔でアンテナを移動させ、それぞれの高さにおいて電界強度を測定し、最大となる高さにおいて1分間の連続測定を行った。一方、FR1の測定高さについては、文献^[14]に基づき1.5mとした。測定時の分解能帯域幅（RBW）及びビデオ分解能（VBW）はそれぞれ1MHzと3MHzとし、各帯域における電界強度の実効値の自乗和の平方根を算出した^[12]。帯域内で積算する際には、あらかじめ設定しておいた閾値（ノイズフロア）以下の値は除外している。



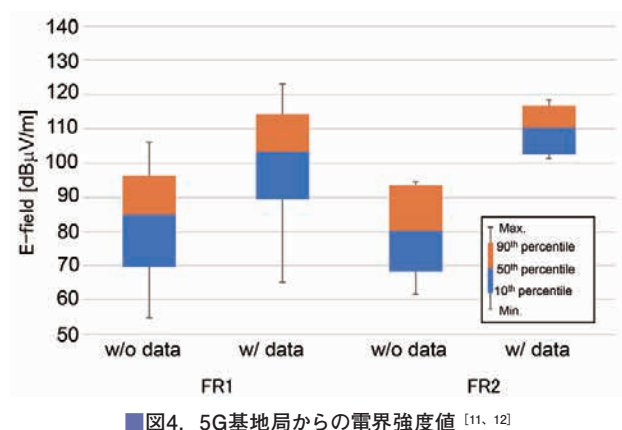
■図3. FR2測定風景^[15]

3. 測定結果

FR1及びFR2の電界強度値 [dBμV/m] の測定結果を図4に箱ひげ図として示す。ここで、120dBμV/mは1V/mに相当する。また、図中の「w/data」は、測定装置近傍に配置した携帯電話端末にデータをダウンロードしながら測定を



実施したことを示し、「w/o data」はダウンロードを行わずに測定した場合である。w/dataの条件では、w/o dataに比べ、電界強度値が中央値で20～30dB高くなる傾向が確認された。w/dataでは、28GHz帯は、6GHz以下の電界強度値と比べ中央値で約7dB大きく、統計的にも有意差が(t検定 $p < 0.0001$) 確認された。一方で、5Gの各周波数帯(FR1、FR2) に対する電波防護指針の電界強度指針値は155.76dBμV/m (61.4V/m)^[1]であり、測定された電界強度は中央値で指針値より40dB以上低い(1/10,000以下) ことが分かる。さらに、今回測定した5Gの電界強度は、4Gの測定結果と比べて同等またはそれ以下であることが確認されている^[11-12]。



■ 図4. 5G基地局からの電界強度値^[11, 12]

4. おわりに

本稿では、国内で商用運用されている第5世代移動通信システムの基地局電波の測定結果について紹介した。これまでも5Gに関する測定事例は散見されるものの、公的研究機関が中立的な立場で、商用サービス中の5G FR2基地局周辺における電波強度を測定・公表した事例は世界で初めてである。

5Gで使われている2つの周波数帯、6GHz以下と28GHz帯について測定したところ、従来の携帯電話システム(4G)のレベルと同程度又はそれ以下であり、電波防護指針値と比較しても低い水準であることが確認された。引き続き、5Gの更なる普及を見据え、長期定点測定や広域モニタリング等を通じて、我が国の実環境における電波レベルの長期

的・大規模な把握とデータ整備を進めていく予定である。

謝辞

本研究の一部は、総務省委託研究「電波ばく露レベルモニタリングデータの取得・蓄積・活用」(JPMI10001)により実施した。

参考文献

- [1] 総務省 情報通信審議会諮問第2035号答申, “電波防護指針の在り方のうち「吸収電力密度の指針値の導入等」,” 2024.
- [2] <https://www.cartoradio.fr/#/>
- [3] <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/emf>
- [4] <https://emf.kca.kr>
- [5] https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en
- [6] <https://seawave-project.eu/>
- [7] <https://projectgoliat.eu/>
- [8] 総務省 生体電磁環境に関する研究戦略検討会, “第一次報告書,” 2018.
- [9] 大西輝夫, 飛田和博, 幾代美和, 江崎かおる, 多氣昌生, 渡辺聡一, “電波ばく露レベルモニタリングデータの取得,” 情報通信研究機構研究報告 Vol. 69, no. 11, pp. 179-190, 2023.
- [10] 総務省 情報通信審議会諮問第2038号答申, “「新世代モバイル通信システムの技術的条件」のうち「第5世代移動通信システム(5G)及びBWAの高度化に関する技術的条件」,” 2020.
- [11] K. Tobita, T. Onishi, S. Liu, M. Taki and S. Watanabe, “Electric field measurements around 5G FR1 mobile phone base stations,” EMC Japan /APEMC Okinawa, WedPM2B.2, May 2024.
- [12] S. Liu, et al., “Electromagnetic Field (EMF) Exposure Monitoring of Commercial 28 GHz Band 5G Base Stations in Tokyo, Japan,” Bioelectromagnetics, 2024. <https://doi.org/10.1002/bem.22505>
- [13] 平成11年郵政省告示第300号, “無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法,” 1999.
- [14] ITU-T K.83, “Monitoring of electromagnetic field levels,” June, 2020.
- [15] NICT報道発表, “5G携帯電話基地局からの電波強度を明らかに～公的研究機関として世界で初めて5G基地局周辺の電波ばく露レベルを測定～,” 2024年7月