資料４－１

情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波利用環境委員会
電力密度評価方法作業班（第３回）
議事要旨（案）

１．日時
平成 30 年 7 月 25 日（水）15:00～17:00

２．場所
総務省 8 階　第 1 特別会議室

３．出席者
（１）構成員（五十音順、敬称略）
渡邊主任、石井主任代理、鵜飼構成員、大西構成員、加藤構成員、金山構成員、佐々木構成員、清木構成員、竹厚構成員、廿楽構成員、富樫構成員、長谷川構成員、星野構成員、横田構成員、吉田構成員
（２）オブザーバ
ソニーモバイルコミュニケーションズ株式会社株式会社　北久保氏
（３）事務局（総務省）
塩崎電波環境課課長、関口電波利用環境専門官、平野電波環境課課長補佐、中川移動通信課課長補佐　他
（４）発表者
バイテックグローバルエレクトロニクス社　石川氏
ファラッド社　坂本氏
電波防護指針の在り方に関する検討作業班　平田主任

４．議事要旨
議事に先立ち塩崎電波環境課課長より挨拶があった。
（１）測定装置の動向ついて
①バイテックグローバルエレクトロニクス社
バイテックグローバルエレクトロニクス社の石川氏より資料 3-2 に基づき電力密度測定システムについて説明があった。主な質疑応答の概要は以下のとおり。

佐々木構成員）25 頁の不確かさのバジェットシートに、評価距離がアンテナから 50 ㎜以下と記載されているが、最短の離隔距離について情報があれば教えて頂きたい。
石川氏）最短の離隔距離は 2 ㎜となる。
佐々木構成員）測定に関しても最短の離隔距離が 2 ㎜との記載があったので、2 ㎜ － 50

mmの電力密度を評価するシステムができつつあると理解した。

石井主任代理）19 頁のプローブについて、2 つのダイポールアンテナは SAR の評価には使用しない、電力密度専用のものか。

石川氏）その通りである。

石井主任代理）23 頁の再構成は位相を測定せずに距離を変えることで位相情報を取り出す手法だと思うが、測定時に 4 分の 1 波長離すという条件はシステムの仕様上 4 分の 1 波長に限定する必要があるのか、或いはある程度離せばよいのか。周波数が高い場合、距離の精度を保つのが難しくなるため、情報があれば頂きたい。

石川氏）メーカの資料では、5 分の 1 波長も試した上で、不確かさが最も小さい条件として 4 分の 1 波長を選択しているとの記載がある。任意の距離で良いというわけではない。

石井主任代理）不確かさを最も小さくする観点で、メーカとして 4 分の 1 波長での測定を推奨しているということで理解した。

清木構成員）16 頁の電波暗箱型システムで端末の背面をプローブで測定する際に、端末の位置に対する電力密度の測定値の絶対位置はどのようにわかるのか。SAR は頭部ファントムを用いて端末を固定して測定するが、当該システムでの電力密度測定はファントムを使わず端末のみの測定になり、各測定におけるどの位置での値で合成を行うのか。

石川氏）頭部ファントムの場合は測定位置が固定される。電力密度測定の場合も測定する際の基準点を設けて、その位置に端末を置いて測定を行う。SAR 測定、電力密度測定それぞれの基準点における値で合成を行う。

清木構成員）測定をする際に、それぞれ絶対位置がわかる形で位置を入れる必要がある。その後で再構成をした結果として、電力密度と SAR の比を足し合わせるということか。

渡邊主任）16 頁のように、測定はあくまで端末の直上の 2 mm の位置で測定し、そこから端末を頭部ファントムにつけた場合の頭部ファントム表面上に入射する電力密度を再計算の上、その値と指針値の比と、SAR の直接測定で求めた値と指針値の比を足し合わせていると理解している。SAR は立方体で領域を持っているが電力密度は皮膚の表面で定義されるため、位置のマッチングの考え方については知りたい。この点が適切に定義されないと測定システムによっては足し合わせにずれが生じる可能性がある。

石川氏）基本的に基準点に合わせて測定をする形になるが、詳細にはメーカに確認する。

大西構成員）近日中に発行予定の IEC TR63170 には SAR と電力密度の足し合わせの方法について、位置も含めて記載している。現在の IEC TC106/IEEE ICES TC34 JWG12 の議論ではさらにブラッシュアップする方向で検討をしているので、今後国際規格に規定されると理解頂いてよい。

渡邊主任）本日ご紹介していただいたシステムでは入射電力密度は 10 GHz 以上を対象としており、6 – 10 GHz の範囲では入射電力密度は評価できないということか。

石川氏）6 – 10 GHz の範囲にもプローブが対応しているので、測定可能である。

渡邊主任）我が国の局所ばく露指針の改定案にも対応できるシステムとのことで理解した。

②ファラッド社

ファラッド社の坂本氏より資料 3-3 に基づき電力密度測定システムについて説明があった。主な質疑応答の概要は以下のとおり。

佐々木構成員）2019 年のハードウェアのプロトタイプというのはどのフェーズのものを指すのか。今回開発途中の測定システムについては IEC の TR63170 または、IEC TC106 /IEEE ICES JWG12 で策定中の国際規格と整合、またはその予定等の情報はあるか。

坂本氏）プロトタイプについては既に出来上がっており、IEC TC106 の TR に準拠した形になっている。ハードウェアとしては TR に準拠しているが、顧客が設定するキャリアアグリゲーションや MIMO に関するソフトウェアの開発が完全に終了していないため、敢えてプロトタイプと表現している。

佐々木構成員）現状でも例えば CW（無変調連続波）のような波源であれば、電力密度の評価が可能ということか。

坂本氏）プリオーダーも受け入れているので現時点でそのような状況と理解頂いて良い。

佐々木構成員）電力密度の評価の最短の離隔距離について可能であれば情報提供頂きたい。

坂本氏）1.5 - 2 mm である。

石井主任代理）システムの不確かさやバジェットの評価について、提供可能な情報はあるか。

坂本氏）現時点では評価を行っていないので、値としての提示はできない。予定としては 2019 年第一四半期にそのようなスペックを提示する予定である。

渡邊主任）振幅だけでなく位相も測定できるプローブを使った評価システムと理解したが、位相も含めたプローブの較正はどのように行っているのか。振幅に関してはアンテナ係数を用いた較正方法が標準化されているが、位相の較正については特別な技術を使っているのか、或いは参照できる国際標準等あれば情報提供頂きたい。

坂本氏）位相に関しては、安定したプローブを使用するので較正は行わない。安定した位相を持つプローブとリファレンス用のプローブの比較によって測定を行い、得られたデータに対してマクスウェルの方程式を適用して値を求める。

渡邊主任）参照プローブと同期をとるということで理解した。ミリ波帯の場合、周期が短いため、同期をとる場合に技術的な課題があるものと予想する。

渡邊主任）5 頁に「従来からのスカラープローブシステムでは実用的な測定が難しい」とあるが、この点の考え方について教えて頂きたい。

坂本氏）詳細を確認の上、後程別途回答する。

渡邊主任）スカラープローブの場合、それぞれの周波数毎に測定する必要があるため、それぞれの周波数における最悪値を足し合わせることになる。キャリアアグリゲーションなどで何らかのタイミングをとって時間的な割り振りを行い、それぞれの周波数信号成分の瞬時的なピークのタイミングが重ね合わさらないようにすることで、6 分間平均

値ではレベルが下がり、スカラープローブよりも評価結果が低くなる可能性があると推測する。実際の 5G の電波の制御でそういった状況があるのか、後半の 5G の技術的条件に関する議事の中でも議論したい。

（２）5G の技術的条件について

総務省移動通信課中川課長補佐より資料 3-4 に基づき 5G の技術的条件（新世代モバイルシステム委員会）について説明があった。主な質疑応答の概要は以下のとおり。

大西構成員）29 頁の OTA に関して、SAR の測定の場合、ケーブルを接続しアンテナ給電電力を測定して、測定する条件の中で電力が高いところから SAR を測定するという手順があるが、28 GHz 帯の電力測定に関しては、空中線端子がないので、OTA でしか測れないという理解でよいか。

総務省）フェーズドアレイアンテナのように無数のアンテナ素子が並ぶ平面アンテナの場合、空中線端子をつけることが現実的でないため OTA で測定するということが 3GPP で議論されており、これを受けてこのような規定が定められている。

渡邊主任）OTA 測定の場合、EIRP 若しくは TRP を求めることになるが、電波防護指針では無線設備規則で適用除外となる条件は空中線電力で定義されている。空中線電力を評価する際には、OTA 測定の TRP の数字をそのまま使うということになるのか。

大西構成員）いわゆる全電力なので、TRP でよいのではないか。

総務省）全電力が TRP の値と等しいのか、質問の趣旨と併せて確認の上、別途回答する。

清木構成員）28 頁の UL CA の組合せと最大空中線電力の規定の表に関して、Inter-band UL CA(Sub6 GHz + 28 GHz)の最大空中線電力は 23 dBm と規定されおり、条件として Sub6 GHz 内キャリアの合計／28 GHz 内キャリアの合計とあるが、Sub6 GHz、28 GHz それぞれについて最大空中線電力が 23 dBm ということか。トータル電力として端末から同時に出せる最大電力が 23 dBm ならば問題ないと思うが、Sub6 GHz、28 GHz それぞれ 23 dBm 出せるということであればトータル電力は 2 倍になる。

渡邊主任）28 頁の囲みの記載からは、Sub6 GHz、28 GHz それぞれで最大 23 dBm（約 200 mW）ということのようだ。

総務省）質問の趣旨について確認の上、別途回答する。

渡邊主任）22 頁で、NR システムでは TDD 方式を用いるということだが、端末からアップリンクの信号が出る時間率について、技術基準に記載はあるのか。電波防護指針においては、6 分間の平均値を求める必要があり、4G までのシステムでは最悪条件として電波を出し続ける形で評価をすることが殆どだったが、5G では本格的に TDD 方式が導入されるため、最悪条件の時間率を規定できるのか知りたい。

総務省）移動体の端末に時間率で上限を設ける規定はなかったと記憶している。どのように使われるのかはユーザの利用形態によるところ。詳細情報あれば、別途回答する。

渡邊主任）特に規定がないのであれば、最悪条件は6分間電波を出し続ける条件になる。
大西構成員）3.5 GHz帯では既にTDD方式が導入されている。
渡邊主任）3.5 GHz帯のTDD方式ではどのような評価を行っているのか。
鵜飼構成員）3GPPでUL、DLのコンフィグレーションが規定されているので、端末がサポートする仕様を確認して、送信時間率が最も長い条件で測定を行っている。SAR試験装置側で1ポイントあたりの観測時間もそれに合わせて設定している。
渡邊主任）3.5 GHz帯のTDD方式に関しては、実際の送信条件によって時間率が変わり得るため、最悪条件で評価を行うことが重要になるということで理解した。

（３）電波防護指針の在り方に関する検討作業班の報告案について
電波防護指針の在り方に関する検討作業班平田主任より資料3-5及び3-6に基づき同作業班の報告案ついて説明があった。主な質疑応答の概要は以下のとおり。

佐々木構成員）複数周波数帯からの同時ばく露の場合については、1998年のICNIRPガイドラインに書いてあるように、ばく露比を足し合わせて1を超えないという評価式が適用されるという理解でよいか。
平田主任）その理解でよい。
大西構成員）平均化面積が4 cm^2とあるが、形状の指定はあるか。
平田主任）形状は、正方形となる。
石井主任代理）透過電力密度に関する評価のデータが資料3-6の5頁にある。入射電力密度よりも透過電力密度の値の方が下回っているので、入射電力密度を使って評価をすることは問題ないと思うが、その辺りの議論はあるか。
平田主任）ICNIRPガイドラインのドラフトでも、SARと対応する形で体内での物理量である透過電力密度が基本制限値として導入される見込みである。一方、作業班においても、より温度と密接に対応する透過電力密度の導入を検討したが、国際ガイドラインでは正式には導入されていないため時期尚早であり、現状では安全側でありかつ測定可能な入射電力密度を指針値の指標として用いることが適当との結論になった。
清木構成員）資料3-6の5頁の右図のSARと透過電力密度による温度上昇のグラフがあったが、0.2 ℃kg/Wの辺りでSARと透過電力密度が同等になるという説明だが、3 - 10 GHｚの間では両者の値に若干の差があるのはどのように考えるべきか。
平田主任）SARの場合、6 GHzで0.025℃m^2/W程度の値となっている。我が国及び国際ガイドラインでも6 GHzがSARと電力密度の指針値の境界の周波数となっている。また、皮膚の温度上昇に関しては、0.25程度までは許容できる値である。数値計算でも安全側の数値を用いて計算しているため十分な安全性は担保されている。透過電力密度についてもより安全側の値であり、制約的となる。例えば、3 GHz - 10 GHzを変動区間として複雑な指針を作ることも考えられるが、国際ガイドラインでもそのような対応

は取られておらず、6 GHz 付近でおおよそ整合が取れていると考えている。

（４）意見交換

議事全体について、意見交換を行った。主な議論の概要は以下のとおり。

石井主任代理）今回提案されたシステムでは、電界プローブの較正をどのように行うのか。

佐々木構成員）現状の IEC の動向を踏まえると、電界プローブの較正については現行の SAR 規格を延長したような手法が用いられる可能性がある。また、導波管プローブによる評価方法も利用できる可能性があるが、導波管プローブの較正に関しては、現行の IEEE の近傍測定のための国際規格を参照できると考える。

渡邊主任）測定条件という点では、試験機器である端末をどのように設置するのかが重要なポイントとなる。バイテック社、ファラッド社から提示頂いたイメージ図では端末のみの評価であったが、端末を置く台の素材や Body-Worn 機器等に適用する端末（直方体計上）の 6 面それぞれが人体に近接した場合の評価における端末の保持方法について情報があれば提供頂きたい。

石川氏）ロボットシステムでは、ファントムに樹脂製のふたをして、5 cm 程度の厚さの発泡剤を敷いた上に端末を置き、その上をプローブ走査する。現状は置いた状態で 1 面のみの評価として、側面を測るための治具等はリリースしていない。SAR 測定で用いるサポート治具はあるので対応は可能と思うが、現状の想定は一面の評価としている。電波暗箱システムでは、吸収体の有無を選択した上で発泡材を敷いて測定することになる。

佐々木構成員）IEC の技術報告書（TR63170）では端末保持器の条件として、誘電率と誘電損が規定されている。ただし、当該技術報告書は対象周波数が 100 GHz までであり、IEC TC106/IEEE ICES TC34 JWG12 で検討されている国際規格では周波数範囲が 300 GHz まで拡張されているので、端末保持器の条件についてはわかり次第フィードバックする。

坂本氏）当社のシステムでは、XY スキャナーまたはロボットを使った測定を行う。ロボットの場合は置いた状態で側面の測定も可能。スキャナーの場合はアダプターのようなものを用意することを検討している。

渡邊主任）第 2 回作業班の佐藤構成員の説明資料では、5G の端末のイメージとして端末のエッジに複数のアンテナが配置されているものもあったため、端末の保持による影響について、必要であれば不確かさに考慮する検討が必要かと思う。測定条件として、試験周波数や評価面、測定システムの要件等についても課題として挙げられる。

清木構成員）端末からミリ波のビームフォーミングについて、最悪値を出す際には全ての方向でビームフォーミングを測定する必要があるのか。或いは一方向の測定データから再構成できるのか。

石川氏）ビームフォーミングの設定条件については知り得ていない。顧客の端末がどういった設定を持つかについては今後決まっていくことかと思う。

渡邊主任）ビームを振る条件ごとに近傍のフィールド測定をして再構成をすると理解した。ビームフォーミングの測定の高速化についても検討していく必要があるので、情報があれば提供頂きたい。IEC の標準化では何か関連した議論があるか。

佐々木構成員）前回の作業班でも例を提示したが、高速化手段の案の 1 つとして数値計算を用いるという議論も一部あったが、数値計算を行う具体的な手順については議論段階のため、適用できるのかは見えていない。一方で、ビームを切り替えて複数パターンの評価ができるようであれば、全てのパターンを評価する手順も可能という議論が行われている。

渡邊主任）バイテック社の測定システムの最短の評価面が 2 ㎜だが、実際には端末が人体に密着することも想定される。評価距離を 0 ㎜ではなく、2 ㎜としていることに関して何か情報があるか。

石川氏）特に情報はないので確認する。

佐々木構成員）恐らく、IEC での議論の中で、端末からの最短の離隔距離が 2 ㎜となっているため、2 社のシステムとも 2 ㎜と規定されていると推測する。複数周波数帯で（同時ばく露の際に）頭部の SAR と入射電力密度を合成し評価する場合に、SAR では厚さ 2mm の SAM ファントムを用いて評価を行い、入射電力密度も SAM ファントムと同じ形をした面を対象として評価するため、SAR 評価との整合性を考慮していると理解している。

渡邊主任）平田主任から適用除外電力について提示頂いたが、本作業班でも前回会合で議論があり、その議論も踏まえて IEC 62479 での評価の手順に基づいた適用除外の規定が作られている。この考え方について、IEC 62479 エキスパートの横田構成員から補足等あれば頂きたい。

横田構成員）適用除外電力の考え方は、例えば 6 GHz 以下の体幹の SAR については基本制限の 2 W/kg と平均化体積の 10 g を掛け合わせて 20 mW と算出している。また、10 GHz 以上の入射電力密度に関しては平均化面積 20 cm^2（1998 年 ICNIRP ガイドラインの規定）と基本制限の 10 W/m^2を掛け合わせて 20 mW としている。資料 3-6 の改定案では平均化面積がより実際的になったため、一般環境の 6 – 30 GHz で 8 mW、30 GHz 超 – 300 GHz で 2 mW となっている。

渡邊主任）周波数によって適用除外になる電力が変わってくるのは大きな点である。大きな電力を出す端末については、実際に入射電力密度を評価して適合性を確認することになるが、微弱のシステムで複数の周波数帯の電波が同時に出るものは、各周波数によって適用除外となる電力が変わってくるので、評価の方法について検討する必要がある。この点についても、次回以降良い解決方法があればご提案頂きたい。

（５）その他

事務局より、次回第4回会合は8月30日（木）15:00からを予定しており、場所等の詳細については別途連絡する旨連絡があった。

（以　上）