第５世代移動通信システム等の高周波数帯利用へ向けたITU-R SG3会合の活動状況

佐々木 元晴（ささき もとはる）/猪又 稔（いのまた みのる）/山田 渉（やまだ わたる）/鷹取 泰司（たかとり やすし）
NTTアクセスサービスシステム研究所

新規無線方式への周波数割当を議論する際には，既存方式との周波数共用へ向けた干渉検討が重要です．ITU-R（International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector）SG（Study Group）３は周波数共用へ向けた干渉検討に必要な電波伝搬特性の推定法やモデルに関する勧告を策定・維持することで他SGの検討を支援しています．ここでは第５世代移動通信システム（5G）等の新規無線システムにおける高周波数帯利用へ向けたITU-R SG3会合での活動状況について紹介します．

ITU-R SG3の役割と5G関連の状況

新規無線方式への周波数割当を議論する際には，既存方式との周波数共用へ向けた干渉検討が重要です．ITU-R（International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector）SG（Study Group）３は，決議ITU-R 4[(1)]に基づき「電離媒質・非電離媒質中における電波伝搬並びに電波雑音特性に関する研究」を遂行しており，干渉検討に必要な電波伝搬特性の推定法やモデルに関する勧告を策定・維持することで，他SGの検討を支援しています．ITU-Rの構成の概略を**図１**に示します．ITU-RにはSG1～SG7までが構成（SG2は欠番）されており，WRC（World Radiocommunication Conferences）では各SGの検討結果を基にRR（Radio Regulations）の改定作業を行います．ここで，SG3の役割は電波伝搬特性の勧告化により他SG検討を支援することです．SG3での電波伝搬特性の検討に基づいて各SGにおいて周波数共用検討が行われ，その結果がWRCでの議論，およびRRの改定につながります．RRの改定結果は世界的な無線通信の利用へ影響を与えることとなり，電波法などの国内法へも反映されるため，SG3における電波伝搬特性の検討はSG全体を支える重要な活動といえます．

ITU-R SG3は４つのWP（Working Party）で構成されており，降水の影響や回折理論といった基本伝搬から，電離圏伝搬や雑音特性，地上伝搬や衛星伝搬まで，電波伝搬特性とはいえその検討範囲は多岐にわたります．このような多岐にわたるITU-R SG3の活動の中でも，近年では第５世代移動通信システム（5G）に関連する議論が行われています．WRC-19での5Gの周波数割当へ向けて，WRC-15において5G時代の新規周波数候補として24～86 GHz帯が定められました．この広範な周波数候補について既存方式との周波数共用・干渉検討を行うために，SG5では利用周波数帯を検討する時限の研究グループであるTG5/1（Task Group5/1）が新規に設置されました[(2)]．TG5/1における共用検討を行うために，SG3には当該周波数で共用検討に利用可能な伝搬モデルが要求され，TG5/1の活動計画に合わせ2017年３月31日がその期限として設定されました．この期限設定を受け，通常のSG3関連会合は年に１回開催ですが，勧告改定および承認作業を加速するための追加開催が2017年３月に行われました（当初予定の2016年６月会合と2017年９月会合の間での追加開催）．

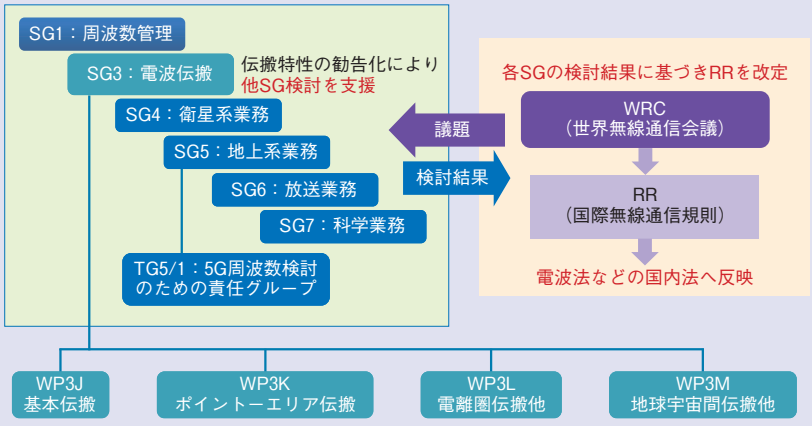


図１　ITU-Rの構成とSG3の役割

5Gの周波数共用検討で重要な勧告の整備に関する活動状況

2017年３月に追加開催された会合においては，今会合の重要性から，各国からの寄与文書数・参加者数，および会議セッション数共に通常の会合より増加したものとなりました．内容としては，2017年３月31日に期限が設定されたTG5/1への情報入力を念頭に，5Gと既存システムとの周波数共用検討で重要と考えられる勧告の整備，および当該勧告に関する情報を連絡文書としてTG5/1へ送付するための議論が主に行われました．

5Gと既存システムとの周波数共用検討（干渉検討）を考えるうえでは，遠方に存在する衛星局や地上局との干渉を念頭に，5Gの無線局（基地局および端末局）の周囲の建物群による遮蔽（クラッター）が考慮され勧告が整備されました．それら勧告を**図２**に示します．勧告は主に６つあり，それぞれに関する推定法について示されています．

① P.[CLUTTER]：無線局周囲の建物群による遮蔽であるクラッターによる損失

② P.[BEL]：電波が建物内へ侵入する際の建物侵入損失（屋内から屋外への漏れ出しも同様）

③ P.1411：建物群に与／被干渉局の両方が存在する場合を想定した屋外短距離伝搬特性（～1km）

④ P.1238：建物内に与／被干渉局の両方が存在する場合を想定した屋内伝搬特性

⑤ P.619：地上局－宇宙局間伝搬特性

⑥ P.452：地上局－地上局間伝搬特性

ここで，②～④は，①でクラッターとして定義される建物群に与・被干渉局が囲まれている状況と考えることができます．このうち，⑤と⑥については既存の勧告から大きな改定はありませんでしたが，①と②については今回会合で検討がさかんに進められ新勧告として承認され，③と④については5G時代の候補周波数帯である上限86 GHz帯までのできる限り広範囲を網羅すべく勧告改定が承認され，TG5/1へ情報提供されることになりました．ここでは，今回特に重要視された新勧告 ①P.[CLUTTER]と 新 勧 告 ②P.[BEL]について概要を説明します．

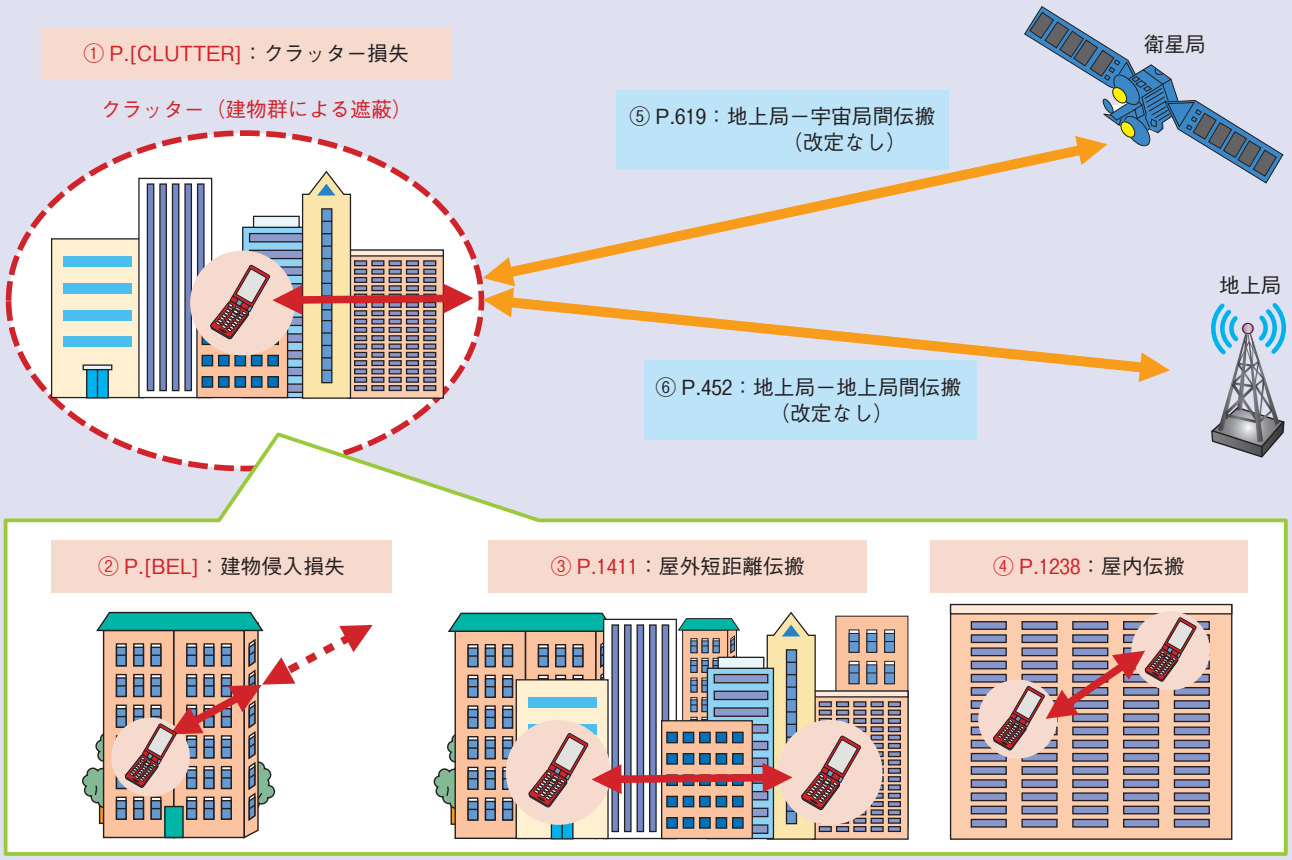
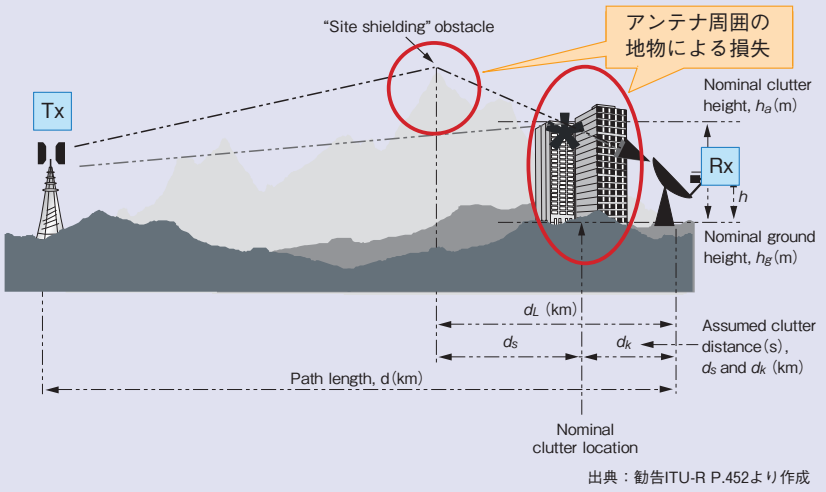


図２　TG5/1への連絡文書へ記載された勧告（5Gの周波数共用検討に関連の高い勧告）

新勧告 ITU-R P.[CLUTTER]

地上無線システムに関する複数の勧告にはクラッター損失（Clutter loss）という伝搬損失を用いた推定法が記載されています．クラッター損失とは，アンテナ周辺の地物（建物や地形）による反射や散乱によって生じる伝搬損失であり，勧告 ITU-R P.452などを中心に長距離伝搬を扱う多数のITU-R勧告で利用されています（**図3**）．他システム間の干渉評価を行ううえでは，周囲の無線局を考慮に入れることが必要なため，長距離伝搬で活用されるクラッター損失を取り込んだ伝搬特性推定が重要です．

一方で，これまでクラッター損失を用いた推定はVHF/UHF帯などの比較的低い周波数帯が中心でしたので，そのまま高周波数帯へ拡張できるかどうかは不明確でした．そこで，クラッター損失についてまとめた新勧告ITU-R P.[CLUTTER]として高周波数帯への拡張検討がされることになりました．当該新勧告のクラッター損失計算例を**図4**に示します．ここでは地上局間を想定した計算例となっていますが，距離が小さいと遮蔽物に対する見込み角が小さくなるためにクラッター損失が小さくなり，距離が大きくなるほど見込み角が一定と見なせるためにクラッター損失も一定値となります．このような距離に対する変化は，NTTアクセスサービスシステム研究所が取得した都市部での測定結果が根拠となっています（**図5**）．なお，このような高周波数帯を含む多周波数，かつ1 km強までの長距離にわたる測定結果は他国からも報告例のない唯一のデータとして大きな貢献となりました．また，図5の測定結果は図2で示す③P.1411（屋外短距離伝搬）の勧告改定にも反映されており，実測に基づく信頼性の高い推定式が各勧告に採用されています．



出典：勧告ITU-R P.452より作成

図3　勧告ITU-R P.452におけるクラッター損失の定義

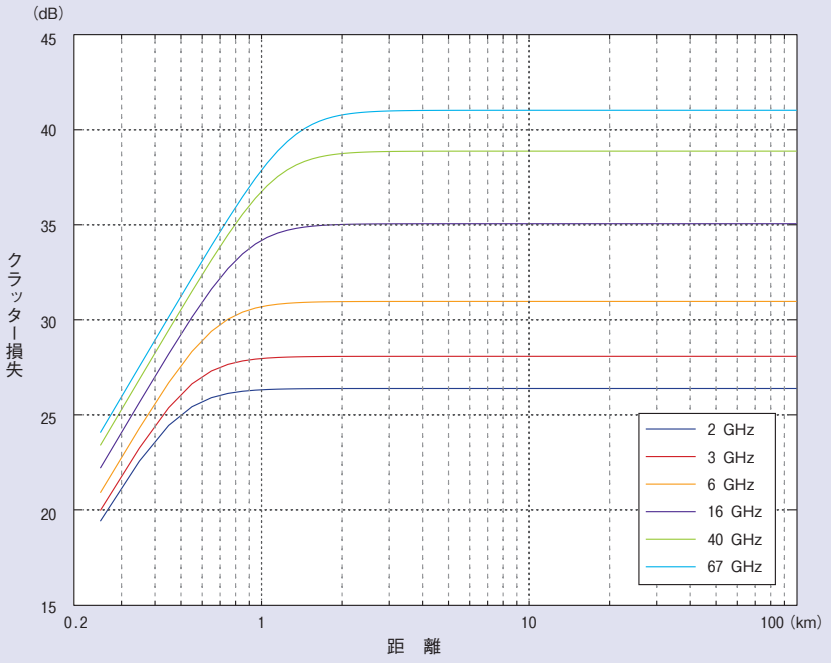


図4　新勧告ITU-R P.[CLUTTER]における地上局間のクラッター損失計算例

新勧告 ITU-R P.[BEL]

建物侵入損失（BEL: Building Entry Loss）とは電波が建物外から建物内へ進入（可逆）する際に発生する伝搬損失です．建物侵入損失に関するITU-R SG3での検討は長年行われてきており，ITU-R勧告P.2040（建造物の影響）やITU-R報告P.2346（建物侵入損失の測定データ）などでその定義や測定データの例などは示されていますが，その推定法（モデル）は定められておらず，今回会合へ向けて早

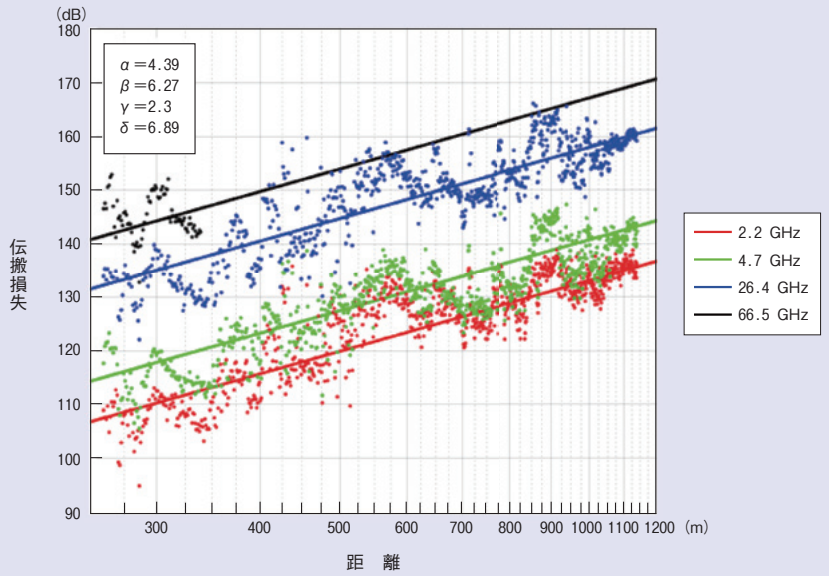


図 5　都市部環境における2.2 GHzから66.5 GHzまでの伝搬損失測定結果

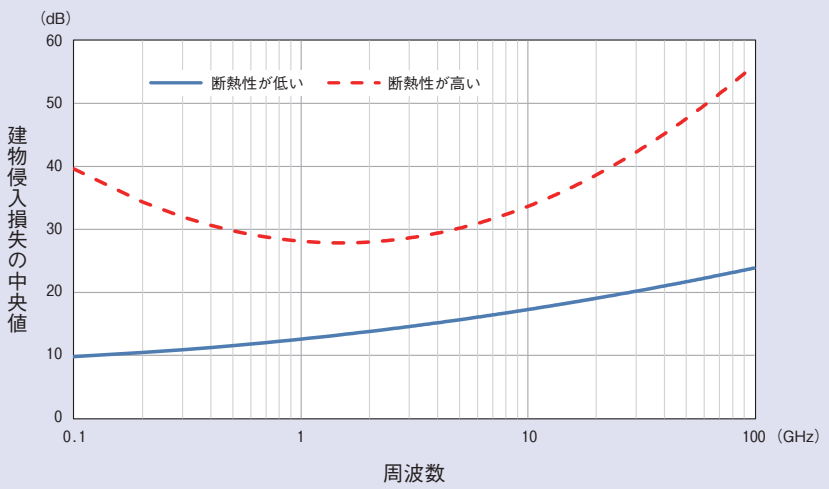


図 6　新勧告ITU-R P.[BEL]における建物侵入損失の計算例

急なモデル構築が進められました．その結果，衛星軌道上の無線局との干渉も想定した，建物に対する水平・垂直方向の入射角度を考慮した推定式が考案されました．また，近代的な建築物では断熱性の高い窓により損失が大きくなるなど，建物侵入損失特性は建材の種類に大きく影響を受けるため，建物種別についても考慮されました．新勧告ITU-R P.[BEL]による建物侵入損失の計算例を**図 6** に示します．建物種別の違い（断熱性が低い，高い）によって損失特性が大きく異なることが分かります．また，横軸が示すように100 GHzまでの広範な周波数範囲で利用可能になっています．この推定式についてもクラッター損失と同様，NTTアクセスサービスシステム研究所の行った多周波数での測定結果を含む多数の測定結果を基にして構築されており，実測に基づく信頼性の高いものが採用されています．

今後の展開

ITU-R SG3では種々の伝搬特性を所掌していることからその検討は多岐にわたりますが，近年はTG5/1で行われる5G時代の新規候補周波数の共用検討に必要な伝搬特性の検討がさかんに進められています．その中で著者らは，他国で類をみない高周波数帯を含む多周波数を用いた，かつ幅広い環境・領域における測定データを基にした寄与文書入力を行い，信頼性の高い勧告の整備に貢献しています．また，著者らはWP3K副議長およびその配下のSWG（Sub-Working Group）3K-3議長を山田渉主任研究員，その配下の作業グループであるDG（Drafting Group）3K3B議長を佐々木元晴研究員が務め，積極的に議論を推進しています．今後も5Gをはじめとした NTTグループの各種無線通信システムの実現を加速するため，周波数共用検討に必要な電波伝搬に関する勧告を整備すべく活動していく予定です．

■参考文献

(1) http://www.itu.int/pub/R-RES-R.4-7-2015
(2) ITU-R, Resolution 238（WRC-15）:“Studies on frequency-related matters for International Mobile Telecommunications identification including possible additional allocations to the mobile services on a primary basis in portion(s) of the frequency range between 24.25 and 86 GHz for the future development of International Mobile Telecommunications for 2020 and beyond,” WRC-15, Geneva, Switzerland, Nov. 2015.