



ITU-R Study Group 3（電波伝搬）の活動状況

NTT株式会社 アクセスサービスシステム研究所

やま だ わたる
山田 渉

1. はじめに

ITU-RにおけるStudy Group 3 (SG3) は、非電離媒体における電波伝搬と無線雑音の特性を所掌し、地上・衛星を含む多様な無線システムの周波数共用・干渉評価などの無線ネットワーク設計全体を支える「Pシリーズ」勧告群を策定・維持してきた。昨今の移動通信・固定無線アクセス・衛星通信・高高度プラットフォーム (HAPS)・無人航空機 (UAS)・海上無線などで求められるシステム共存評価は、SG3による標準化の結果に大きく依存している。本稿はSG3の2025年会合で注目されたトピックを中心に議論の結果について報告する。

2. SG3関連会合の審議体制

現在、ITU-R SG3配下には以下の4つのWPが構成されている。

- Working Party 3J (WP3J)-Fundamentals of radio-wave propagation in non-ionized media
- Working Party 3K (WP3K)-Radio-wave propagation

prediction for point-to-area propagation paths

- Working Party 3L (WP3L)-Ionospheric and ground-wave propagation prediction and radio noise
- Working Party 3M (WP3M)-Radio-wave propagation prediction for point-to-point paths and paths between the Earth and space

WP3JにはWG3J-1～WG3J-4の4つのWG (Working Group)、WP3KにはWG3K-1～WG3K-3の3つのWG、WP3MにはWG3M-1～WG3M-4の4つのWGをそれぞれ設置して検討が行われた。更に3J、3K、3Mを横断するJWG (Joint Working Group) Clutter and Building Entry Loss (BEL) が設置され、JWG BEL (Building Entry Loss) では建物侵入損失に関する検討を、JWG Clutterではクラッタ損失に関する検討を行った。いくつかのWGの下には具体的な出力文書の草案作成を行うDG (Drafting Group) が設けられた。また、各WGにおいては関係するCG (Correspondence Group) に関する議論も行われた。2025年会合のSG3審議体制は表1のようにになっている。

■表1. 2025年会合のSG3審議体制

| | | | |
|--|---|--|--|
| ITU-R SG3: Radiowave propagation Chair: C. Allen (UK) Vice-Chair: A. AlJohani (Saudi Arabia), G. A. -A. Aws Majeed (Iraq), J. H. Kim (Korea), N. Bharti (India), Y. R. M. Dhossa (Togo), T. Al-Saif (Kuwait), Lin (China), Y. Houeyetongnon (Benin), R. Khamidov (Uzbekistan), H. Mazar (ATDI), I. Stevanovic (Switzerland) Counsellor: M. D. Botha | | | |
| WP3J : | Chair: C. Riva (Italy) Vice-Chair: L. Castanet (France) | Sub-G 3J-1: Effects of the clear atmosphere | Chair: W. Kozma (USA) |
| | | Sub-G 3J-2: Effects of clouds and precipitation | Chair: A. Martellucci (ESA) |
| | | Sub-G 3J-3: Global mapping and statistical aspects | Chair: L. Castanet (France) |
| | | Sub-G 3J-4: Vegetation and obstacle diffraction | Chair: S. Salamon (Australia) |
| WP3K : | Chair: H. Suzuki (Australia) Vice-Chair: W. Yamada (Japan) | Sub-G 3K-1: Path specific prediction methods | Chair: I. Stevanovic (Swiss) |
| | | Sub-G 3K-2: Path general prediction methods | Chair: B. Kozna (USA) |
| | | Sub-G 3K-3: Short range propagation | Chair: W. Yamada (Japan) |
| WP3L : | Chair: A. Canavitsas (Brazil) Vice-Chair: A. Hicks (USA) | Sub-G 3L-1: MF, LF and lower frequency propagation | Chair: A. Hicks (USA) |
| | | Sub-G 3L-2: Trans-ionospheric propagation | Chair: R. Orus-Perez (ESA) |
| | | Sub-G 3L-3: Radio Noise | Chair: E. Hill (USA) |
| WP3M : | Chair: R. Rudd (UK) Vice-Chair: L. Lin (China), R. Arefi (USA) | Sub-G 3M-1: Terrestrial paths | Chair: S. Salamon (Australia) |
| | | Sub-G 3M-2: Earth-space paths | Chair: L. Castanet (France) |
| | | Sub-G 3M-3: Interference Paths | Chair: I. Stevanovic (Swiss) |
| | | Sub-G 3M-4: Digital products | Chair: A. Martellucci (ESA) |
| | | JWG 3J-3K-3M Clutter and Building Entry Loss | Chair: R. Arefi (USA) and R. Rudd (UK) |



3. 2025年に開催されたSG3関連会合

通例としてSG3関連会合は1年に1回開催であるが、2025年はWRC-27に向けた議論を加速するために2回開催された。

3.1 2月会合の概要

- ・ 会合名：WP3J、3K、3M会合
 - ・ 開催期間：2025年2月17日～21日（5日間）
 - ・ 開催場所：ジュネーブ
 - ・ 出席者：31か国、24機関から参加、WP3J 142名、WP3K 143名、WP3M 154名（日本からは14名参加）
 - ・ 寄与文書数：WP3J 49件、WP3K 47件、WP3M 51件
 - ・ 出力文書数：WP3J 10件、WP3K 7件、WP3M 8件
- 2025年2月会合への日本からの寄与文書は表2に示される7件であった。

3.2 5月会合の概要

会合名：WP3J、3K、3L、3M及びSG3会合

開催期間：

WP3J、3K、3L、3M会合：2025年5月26日～6月5日（9日間）

SG3会合：2025年5月26日及び6月6日（2日間）

開催場所：ジュネーブ

出席者：36か国、25機関から参加、WP3J 155名、WP3K 164名、WP3L 139名、WP3M 165名、SG3 115名（日本からは11名参加）

寄与文書数：WP3J 44件、WP3K 65件、WP3L 31件、WP3M 78件

出力文書数：WP3J 33件、WP3K 17件、WP3L 17件、WP3M 46件

2025年5月会合への日本からの寄与文書は表3に示される9件であった。

■表2. 2025年2月会合への日本からの寄与文書

| | 文書番号 | 関連勧告 | テーマ | 審議結果 |
|---|---------------------------|------------------|--|------------------|
| 1 | 3K/103 | P.1411 | 300GHz band transmission loss measurement in outdoor environment | CG3K-6にて継続議論 |
| 2 | 3K/104 | P.1411 | Proposed revision to Recommendation ITU-R P.1411 - Basic transmission loss and delay spread in street canyon scenarios at 154 and 300GHz | 議長報告掲載 |
| 3 | 3K/105 | P.1411 P.2406 | Contribution to the propagation databanks : basic-transmission-loss data in outdoor urban above and below rooftop environment | CG3K-6にて継続議論 |
| 4 | 3K/106 | P.1410 | Support document for Annex 9 to Document 3K/77 - Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial broadband radio access systems operating in a frequency range from 3GHz to 60GHz | CG3K-6にて継続議論 |
| 5 | 3K/107 3M/145 | P.2108 | Discussion document for revision to Recommendation ITU-R P.2108-1 - Prediction of clutter loss | 議長報告掲載 |
| 6 | 3J/98 3K/101 3M/140 | P.1409 | Proposed revision to Recommendation ITU-R P.1409-3 - Propagation data and prediction methods for systems using high altitude platform stations and other elevated stations in the stratosphere at frequencies greater than about 0.7GHz | 議長報告掲載 |
| 7 | 3J/99 3K/102 3M/141 | P.1409 | Discussion document for human shielding loss model of Recommendation ITU-R P.1409-3 - Propagation data and prediction methods for systems using high altitude platform stations and other elevated stations in the stratosphere at frequencies greater than about 0.7GHz | CG3K-3M-12にて継続議論 |

■表3. 2025年5月会合への日本からの寄与文書

| | 文書番号 | 関連勧告 | テーマ | 審議結果 |
|---|------------------|--------|---|----------------|
| 1 | 3K/163 | P.1410 | ITU-R勧告P.1410-6の改訂に関連する3K/124 Annex 8への補助文書 | 議長報告掲載 |
| 2 | 3K/159 3M/198 | P.1238 | Submission of basic transmission loss measurement data to DBSG3 - Conference room measurements in LoS scenarios at 154 and 300GHz for indoor site-general model in Recommendation ITU-R P.1238 | 勧告式に反映、DBSG3登録 |
| 3 | 3K/160 3M/199 | P.1238 | Submission of basic transmission loss measurement data to DBSG3 - Corridor measurements in LoS scenarios at 154 and 300GHz for indoor site-general model in Recommendation ITU-R P.1238 | 勧告式に反映、DBSG3登録 |
| 4 | 3K/161 3M/200 | P.1238 | Submission of basic transmission loss measurement data to DBSG3 - Street canyon measurements in LoS scenarios at 154 and 300GHz for urban below-rooftop site-general model in Recommendation ITU-R P.1411 | 勧告式に反映、DBSG3登録 |



| | | | | |
|---|----------------------------|--------|--|----------------|
| 5 | 3K/162 3M/201 | P.1411 | Basic-transmission-loss measurement data for below rooftop in an urban high-rise environment | 勧告式に反映、DBSG3登録 |
| 6 | 3K/164 3M/202 | P.2108 | Discussion document for the revision of Recommendation ITU-R P.2108-1 - Prediction of clutter loss | 改訂案反映 |
| 7 | 3J/145 3K/165 3M/203 | — | Proposed revision to working document towards a preliminary draft new Report ITU-R P. [MATERIAL_MEASUREMENT] | 新ITU-R報告承認 |
| 8 | 3J/146 3K/166 3M/204 | P.1409 | Discussion document for human shielding loss model of Recommendation ITU-R P.1409-3 - Propagation data and prediction methods for systems using high altitude platform stations and other elevated stations in the stratosphere at frequencies greater than about 0.7GHz | — |
| 9 | 3J/147 3K/167 3M/205 | P.1409 | Proposed revision to Recommendation ITU-R P.1409-3 - Propagation data and prediction methods for systems using high altitude platform stations and other elevated stations in the stratosphere at frequencies greater than about 0.7GHz | 勧告改訂 |

4. 主要な議論及び結果

2025年のSG3関連会合ではWRC-27議題関連を中心にした勧告改訂案の審議が行われ、最終的に表4に記された勧告を改訂・新設することに合意した。

本章では、屋外短距離 (P.1411)、屋内短距離 (P.1238)、クラッタ損失 (P.2108)、見通し確率、機械学習の伝搬への適用に関する5点について、最新動向を紹介する。

4.1 屋外短距離：Recommendation ITU-R P.1411

勧告P.1411は300MHz～100GHzの1kmまでの屋外短距離伝搬を対象に、都市内伝搬、郊外地伝搬、住宅街伝搬など複数の環境での伝搬損失や遅延特性などの広帯域伝

搬特性推定法を提供する勧告である。2025年会合では将来の移動通信システム向けミリ波及びサブテラヘルツ帯屋外伝搬損失推定式に関する議論が、日本、韓国、英国を中心として寄与された多数の100GHz以上の屋外伝搬損失測定データにより行われた。この結果ITU-R勧告P.1411におけるサイトジェネラルモデルの基本伝搬損失係数の改訂が合意された。対象は、屋根の高さ以下の伝搬シナリオであり、適用可能な周波数範囲が以下のとおり拡張された。

都市及び郊外環境のLoS (見通し内) : 0.45GHz～300GHz

都市環境のNLoS (非見通し) : 0.45GHz～255GHz

郊外環境のNLoS : 0.8GHz～159GHz

また、本勧告改訂によりサブテラヘルツ帯まで推定が可

■表4. 2025年会合で改訂・新設された勧告

| | |
|---------------|---|
| P.310-10 | Definitions of terms relating to propagation in non-ionized media 非電離媒質内伝搬に関する用語の定義 |
| P.311-18 | Acquisition, presentation and analysis of data in studies of radiowave propagation 電波伝搬の研究におけるデータの収集、表示及び分析 |
| P.526-15 | Propagation by diffraction 回折による伝搬 |
| P.530-18 | Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems 地上見通し内システムの設計に必要な伝搬データと推定法 |
| P.531-15 | Ionospheric propagation data and prediction methods required for the design of satellite networks and systems 衛星業務とシステム設計に必要な電離圏伝搬データと推定法 |
| P.617-5 | Propagation prediction techniques and data required for the design of trans-horizon radio-relay systems 地平線横断型無線中継方式の設計に必要な伝搬データと推定法 |
| P.619-5 | Propagation data required for the evaluation of interference between stations in space and those on the surface of the Earth 宇宙局と地表局間干渉の評価に必要な伝搬データ |
| P.837-7 | Characteristics of precipitation for propagation modelling 伝搬モデルのための降水の特性 |
| P.1144-12 | Guide to the application of the propagation methods of Radiocommunication Study Group 3 SG3の伝搬推定法適用の手引き |
| P.1238-12 | Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 450 GHz 300 MHzから450 GHzの周波数帯における屋内無線通信システム/無線LANの計画のための伝搬データと推定法 |
| P.1409-3 | Propagation data and prediction methods for systems using high altitude platform stations and other elevated stations in the stratosphere at frequencies greater than about 0.7 GHz 約1 GHzを用いる成層圏の高高度プラットフォーム局の設計に必要な伝搬データ及び推定法 |
| P.1411-12 | Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz 300 MHzから100 GHzの周波数帯における屋外無線通信システム/無線LANの計画のための伝搬データと推定モデル |
| P.1812-7 | A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 6 GHz VHF及びUHF帯ポイント-エリア陸上移動業務のためのパススペシフィック伝搬推定法 |
| P.1814-0 | Prediction methods required for the design of terrestrial free-space optical links FSOリンクのための伝搬推定法 |
| P.2001-5 | A general purpose wide-range terrestrial propagation model in the frequency range 30 MHz to 50 GHz 30 MHzから50 GHzの周波数帯における汎用かつ広範囲に適用可能な地上伝搬モデル |
| P.2040-3 | Effects of building materials and structures on radiowave propagation above about 100 MHz 100MHzを超える電波伝搬に及ぼす建材・構造物の影響 |
| P.[LUNAR] NEW | Propagation characteristics and prediction methods required for lunar radiocommunication 月面の電波伝搬特性を予測する方法とモデル |



能になったことから、勧告の対象周波数の上限を100GHzから300GHzへ変更するとともに勧告タイトルも変更されることとなった。

4.2 屋内短距離：Recommendation ITU-R P.1238

勧告P.1238は300MHz～450GHzの屋内伝搬に対し、オフィスや廊下といった環境分類に従って、フロア数、室内レイアウト等のパラメータによって周波数依存性を持つ伝搬損失推定法や広帯域伝搬特性推定法を提供する勧告である。2025年会合では勧告P.1411と同様に将来の移动通信システム向けミリ波及びサブテラヘルツ帯屋内伝搬損失推定式に関する議論が、日本、韓国、英国を中心として寄与された多数の100GHz以上の屋外伝搬損失測定データにより行われた。この結果ITU-R勧告P.1238におけるサイトジェネラルモデルの基本伝搬損失係数の改訂が合意された。対象は、屋根の高さ以下の伝搬シナリオであり、適用可能な周波数範囲が以下のとおり拡張された。

オフィス環境のLoS：0.3GHz～294GHz

オフィス環境のNLoS：0.3GHz～255GHz

廊下環境のLoS：0.3GHz～300GHz

廊下環境のNLoS：0.625GHz～159GHz

産業環境のLoS：0.625GHz～294GHz

産業環境のNLoS：0.625GHz～255GHz

会議室環境のLoS：0.45GHz～300GHz

会議室環境のNLoS：0.45GHz～159GHz

4.3 クラッタ損失：Recommendation ITU-R P.2108

勧告P.2108は、送受信アンテナ間に存在する地物、建物、樹木等のクラッタを原因とする追加損失の推定法を提供する勧告である。地上系統計モデルと上空系統計モデルが用意され、対象システム・設置高さ・環境に応じて使い分ける。2025年にITU-R SG3で行われた勧告P.2108改訂に関する議論は、2月と5～6月の会合で大きな進展があった。2月の会合では、Height GainモデルとStatisticalモデルを併記する提案やNLoS確率の算出方法について議論されたが、結論には至らず、改訂案は次回会合に持ち越された。5～6月の会合では、WP3Kが「Draft revision of Recommendation ITU-R P.2108-1」を提出し、Height Gain補正モデル、Terrestrial Statisticalモデル、Aeronautical Statisticalモデルの3モデルを明示する体系化が進められた。さらに、上空系損失モデルが測定データで検証され、技術的な方向性が固まりつつある一方で、NLoS確率の算出方法やモ

デル適用条件の明確化は依然として未解決であり、継続議論が必要とされている。今後はCG会合などで詳細が詰められていく予定である。

4.4 見通し確率

勧告P.310はPシリーズ勧告の用語集である。ITU-R勧告P.310では、Line of Sight (LoS) は送受信間に遮蔽物がなく、更に回折の影響がない状態であることを条件としている。つまり、フレネルゾーンのクリアランスが確保され、回折による追加損失が無視できる場合のみLoSと見なされる。一方、現行の勧告に含まれる多くの見通し率推定式、例えば、P.1410やP.2108などで用いられる確率モデルは、建物や障害物の直線的な遮蔽の有無を基準にLoSを判定しており、回折の影響を考慮していない。このため、実際には回折損失が発生している状況でも、モデル上はLoSとして扱われるケースがあり、特に高周波数帯では伝搬損失の過小評価につながる可能性がある。SG3では現在、この問題を解消するための活動が進められている。具体的には、勧告P.1410などに記される見通し率推定式について勧告P.310の定義を参照し、回折影響を考慮したLoS判定の導入が検討されている。また、クラッタ損失モデルを扱う勧告P.2108の改訂作業でも、LoS/NLoS判定の一貫性を確保することが重要課題とされ、他の勧告との整合性を取る方向で議論が進められている。

4.5 機械学習 (ML) の伝搬への適用

昨今の機械学習技術の急速な進歩を電波伝搬推定に活用するために、SG3においても先駆的な活動が進められている。2023年にQuestion ITU-R 236 Use of machine learning methods for radiowave propagation studiesが制定され、このQuestionでは、伝搬予測、スペクトラムシェアリング、干渉、実験データベース連携などにおけるML適用が明記されており、SG3全体の中でも技術色の高い研究領域として位置付けられている。現在は本Questionに関連する新FascicleであるBest practices for evaluating the generalization of Machine Learning-Driven Radio Propagation Modelの策定に向けた活動が進められている。また、SG3の測定データのデータベース (DBSG3) との連携が想定されており、MLで得られるモデルを組み込むための技術検証が行われている。

この活動の一環として、2025年5月SG3関連会合の会期中に、電波伝搬予測のモデル化に適用される機械学習



(ML) と、電波伝搬予測に関連するパラメータや現象のモデル開発へのMLの利用について考察することを目的として「Applications of machine learning in radio-wave propagation prediction」ワークショップが開催された。このワークショップでは、電波伝搬の専門家と機械学習の専門家が一堂に会し、機械学習の新しいアプローチを電波伝搬モデリングへ適用すること、発生する可能性のある課題に対処する方法などについて議論がもたれた。本ワークショップへは日本から電波伝搬への機械学習応用に精力的に取り組まれている株式会社KDDI総合研究所無線部門シニアエキスパートの林高弘博士が登壇し、講演を行うとともにパネルディスカッションに参加された。本ワークショップのプログラムを表5に示す。

5. 今後の予定

今後のSG3関連会合の開催予定は以下のとおりとなっている。

WP3J、3K、3L、3M：2026年6月15日～25日、

ITU headquarters in Geneva

SG3：2026年6月26日、ITU headquarters in Geneva

6. まとめ

ITU-R SG3は2025年に2回の会合を開催し、屋外・屋内伝搬モデルの周波数範囲拡張や、勧告P.2108ではクラッタ損失モデルについて複数モデルの併記などの議論が進展した。引き続き、SG3の各課題に対して我が国の意見が適切に反映されるよう活動を進めていく。

(2025年8月22日 ITU-R研究会より)

■表5. 機械学習の応用に関するワークショッププログラム

| Time | Title | Presenter |
|-------------|--|--|
| 09:00-09:10 | Opening and welcome remarks | |
| 09:10-09:30 | Modelling received power from wireless networks in Greece using machine learning | Prof Sotirios K. GOUDOS, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece Prof George V. TSOULOS, University of Peloponnese, Tripolis, Greece |
| 09:30-09:50 | High-resolution global land cover maps and their assessment strategies | Prof Maria BROVELLI, Politecnico di Milano, Italy |
| 09:50-10:10 | Research on the application of artificial intelligence in the inversion and prediction of maritime atmospheric ducts | Dr Jiajing WU, China Research Institute of Radiowave Propagation, China |
| 10:10-10:30 | Rainfall monitoring using the propagation features of sub-6GHz non-line-of-sight wireless signals | Dr Xing WANG, Nanjing University, China |
| 10:50-11:10 | The role of spatial information in predicting path loss using machine learning | Dr Takahiro HAYASHI, KDDI-research, Fujimino, Japan |
| 11:10-11:30 | Machine learning-aided ray tracing for faster radio propagation prediction | Prof Claude OESTGES, Catholic University of Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium |
| 11:30-11:50 | Generalizable neural network-based propagation models | Prof Costas SARRIS, University of Toronto, Canada |
| 11:50-12:10 | AI-enabled propagation modelling with realistically accessible scarce training data: Challenges and Opportunities | Prof Ali IMRAN, University of Glasgow, United Kingdom |
| 12:10-12:30 | Panel discussion | |