

# 3GPPにおける5Gの要求条件 および評価条件

先進技術研究所 5G推進室 ベンジャブール アナス きたお こうしろう 北尾 光司郎  
かきしま ゆういち 柿島 佑一 DOCOMO Beijing Communications Laboratories Co., Ltd. Chongning Na  
 DOCOMO Innovations, Inc.

3GPPでは、第5世代移動通信システム（5G）向けに新たな無線インタフェースの標準化が進められている。5G無線インタフェースの仕様検討に先立ち、3GPPでは5Gに求める要求条件や評価条件を規定した。本稿では、3GPPで規定された5Gの要求条件について概説するとともに、要求条件を評価するための評価条件（チャンネルモデルを含む）についての議論状況を解説する。

## 1. まえがき

2020年およびそれ以降の移動通信における爆発的なトラフィック量の増大およびサービスの多様化に対応するため、第4世代移動通信システム（4G）であるLTEおよびLTE-Advancedの次世代となる第5世代移動通信システム（5G）の実現が期待されている。5Gでは高いシステム性能を実現することに加え、幅広いサービスへの拡張性が求められている。これらの需要にタイムリーに応えるため、ドコモは2010年頃から2020年での5Gサービス実現に向けた活動を開始し、5Gの技術コンセプトや要求条件の議論を主導してきた [1]。これらの議論は、2012年

から2013年にかけて世界各地で誕生した5Gの推進団体や研究プロジェクトにおいて進められ、欧州のMETIS（Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society）\*1プロジェクト、移動通信の業界団体NGMN（Next Generation Mobile Networks）\*2アライアンス、日本のARIB 20B AH（Association of Radio Industries and Businesses 2020 and Beyond Ad Hoc）\*3グループ、韓国の5G Forum\*4、中国のIMT（International Mobile Telecommunications）-2020 Promotion Group\*5などによって検討結果がまとめられている [2]～[4]。また、ITU-R（International Telecommunication Union-Radio communication sec-

©2017 NTT DOCOMO, INC.  
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

\*1 METIS：5G無線技術に関するEUの研究プロジェクトで、期間は2012年11月～2015年4月。通信ベンダ、通信事業者、大学などが参加。なお、継続プロジェクトのMETIS-IIの期間は2015年7月～2017年6月。

\*2 NGMN：ドコモをはじめとするベンダ・オペレータで構成される、次世代モバイル通信ネットワークのビジョンとロードマップを策定する団体。

tor)\*<sup>6</sup>では、2020年およびそれ以降の移动通信システムに対するビジョンの検討が行われた。その検討結果は、2015年9月に発行された勧告ITU-R M.2083にまとめられている [5]。これらの議論の結果、5Gの代表的な利用シナリオ (Usage Scenario) として、①モバイルブロードバンドのさらなる高度化 (eMBB: enhanced Mobile BroadBand)、②多数同時接続を実現するマシンタイプ通信 (mMTC: massive Machine Type Communications)、③高信頼・超低遅延通信 (URLLC: Ultra-Reliable and Low Latency Communications) の3つが特定されている。

このような流れを背景に、移动通信システムの標準化団体である3GPP (3rd Generation Partnership Project) では、2015年9月に「3GPP RAN Workshop on 5G」会合を開催し、5G検討を開始した。また、5G無線インタフェースの仕様検討に先立ち、5Gの要求条件や評価条件を取りまとめるため、5Gの利用シナリオ (eMBB, mMTC, URLLC) と要求条件に関するSI (Study Item)\*<sup>7</sup>、および高い周波数帯での技術評価を実現するため、これまで規定された6GHz以下の電波伝搬路モデルを6GHz以上の周

波数帯に拡張する、チャンネルモデル\*<sup>8</sup>に関するSIを開始した。5Gの利用シナリオと要求条件のSIにおいては、2015年12月 (第70回TSG-RAN会合) から2016年12月 (第73回TSG-RAN会合) にかけて議論が行われ、検討結果はTR (Technical Report) 38.913にまとめられている [6]。そして、チャンネルモデルのSIにおいては2015年9月 (第69回TSG-RAN会合) ~2016年6月 (第72回TSG-RAN会合) の間に議論が行われ、検討結果はTR38.900にまとめられている [7]。本稿では、本作業において3GPPが取りまとめた5Gの要求条件および、チャンネルモデルを含む評価シナリオ・評価条件について、これまでの検討状況を解説する。

## 2. 3GPPにおける5Gの要求条件および目標値

シナリオと要求条件に関するSIでは、5Gの主要性能指標 (KPI: Key Performance Indicator)\*<sup>9</sup>および目標値が議論され、図1に示すように移动通信業界の各団体・企業・研究プロジェクトに加えて他

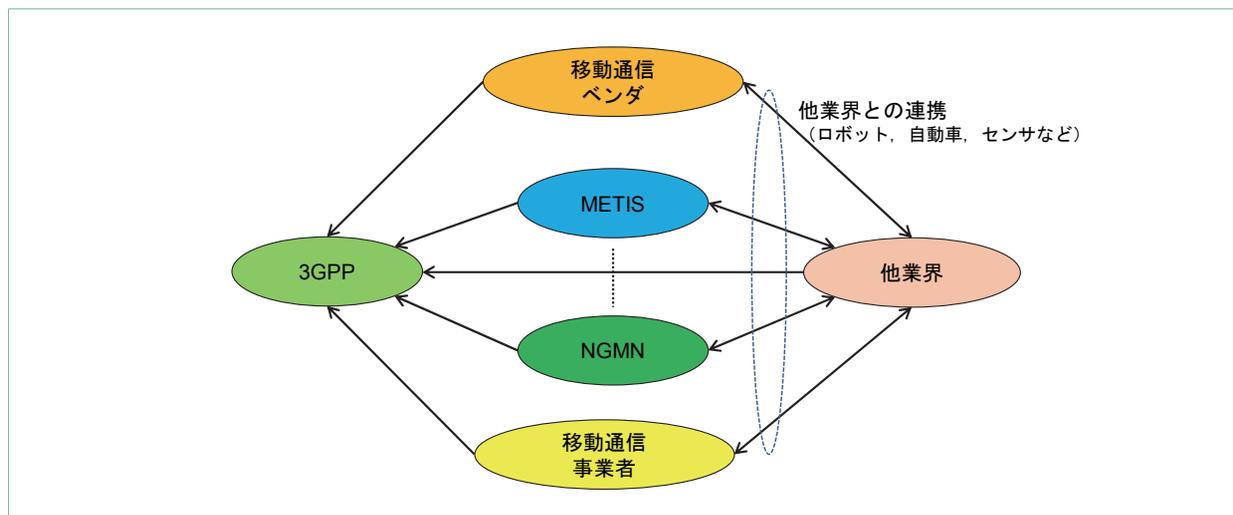


図1 3GPPによるさまざまな団体および企業からの5G要求条件・評価条件の取りまとめ概要

- \*3 ARIB 20B AH: ARIBは日本の通信・放送分野における、電波利用システムに関する標準規格の策定などを行う総務省所管の社団法人。ARIB 20B AHは、日本からみた2020年以降の次世代移动通信システムのビジョンを策定するために、ARIBの配下に設立されたアドホックグループ。
- \*4 5G Forum: 韓国において5Gの実現に向けた活動を推進する主な団体。
- \*5 IMT-2020 Promotion Group: 中国においてIMT-2020 (5G) に

向けた活動を推進する主な団体。

- \*6 ITU-R: 電気通信分野における国際連合の専門機関である国際電気通信連合 (ITU) の無線通信部門で、無線通信に関する国際的規則である無線通信規則の改正に必要な検討、無線通信の技術・運用などの問題の研究、勧告の作成および周波数の割当て・登録などを行う機関。
- \*7 SI: 「実現性の検討および仕様化すべき機能の大きな特定」作業のこと。

業界から提案された多くの5Gの要求条件および目標値を考慮することとなった。特に、IoT (Internet of Things) に関連するmMTCやURLLCのKPIについては移動通信以外の業界（自動車・ロボット・セン

サなど）の将来サービスを見据えた目標値が規定された。結果として、5GのKPIだけで19項目がまとめられ、その他にも幅広いネットワーク・サービス要求条件がまとめられた。KPIとその目標値を表1に

表1 3GPPにおける5GのKPIおよび目標値

利用シナリオ	KPI	目標値	
		DL	UL
eMBB	Peak data rate	20Gbps	10Gbps
	Peak spectral efficiency	30bps/Hz	15bps/Hz
	Control plane latency	10ms	
	User plane latency	4ms	
	Average (TRxP) spectral efficiency (bit/s/Hz)	3 times higher than IMT-Advanced*	
	Area traffic capacity (bit/s/m <sup>2</sup> )	Related to average (TRxP) spectral efficiency	
	User experienced data rate (bit/s)	Related to 5% user spectral efficiency	
	5% user spectral efficiency (bit/s/Hz/user)	3 times higher than IMT-Advanced*	
	Target maximum mobility speed	500km/h	
	Mobility interruption time (URLLC, mMTCも関連)	0ms	
	Network energy efficiency (URLLC, mMTCも関連)	Required as design principle (No quantitative requirement)	
	UE energy efficiency (URLLC, mMTCも関連)	Required as design principle (No quantitative requirement)	
	Bandwidth (URLLC, mMTCも関連)	No requirement from 3GPP	
mMTC	Coverage	Max coupling loss 164dB	
	UE battery life	Beyond 10 years	
	Connection density	1,000,000device/km <sup>2</sup>	
	Latency of infrequent small packets	10s	
URLLC	User plane latency	0.5ms	
	Reliability	1-10 <sup>-5</sup> success probability for 32bytes within 1ms user plane delay	

TRxP : Transmission Reception Point

※ITU-R Report M.2134

- \*8 チャンネルモデル：無線通信システムの性能評価を行うために用いられる電波の振舞いを模擬したモデル。
- \*9 主要性能指標 (KPI)：ユーザやシステム性能を測るための主な指標。

示す [6]. なお, 各KPIの詳細な定義に関してはTR38.913をご参照いただきたい [6].

#### (1)eMBB利用シナリオにおけるKPI

eMBB利用シナリオではLTE-Advancedと同様にシステム性能を規定する平均周波数利用効率 (Average (TRxP) spectral efficiency) \*<sup>10</sup>および5%ユーザ周波数利用効率 (5% user spectral efficiency) \*<sup>11</sup>の改善や高速移動 (Mobility) のサポートが主なKPIとなっている. eMBBでは, IMT-Advanced \*<sup>12</sup>のときの要求値を基準として周波数利用効率を約3倍改善する目標値が規定された. また, 広い帯域幅を有する高い周波数帯利用や複数帯域にまたがるキャリアアグリゲーションの利用を想定し, ユーザのピークデータレートの要求条件が追加され, その目標値として下り20Gbps, 上り10Gbpsが規定された. さらに, 上記に加えて, 容量やユーザスループットの拡大に伴い, ネットワークや端末側の消費電力を増大させないように, 省電力化のKPIも規定し, 5G無線インタフェースの設計指針として要求することとなった.

#### (2)mMTC利用シナリオにおけるKPI

mMTC利用シナリオの主なKPIは, 面積当りの接続端末数 (Connection density) の増加・カバレッジの拡大・バッテリーの長寿命化である. IoT端末の普及を考慮して, 都市部環境において1km<sup>2</sup>四方で100万台の端末密度 (1,000,000device/km<sup>2</sup> = 1device/m<sup>2</sup>) が目標値として規定された. これはLTE-Advancedで規格化されたNB (Narrow Band) -IoT \*<sup>13</sup>の設計値 (約60,000device/km<sup>2</sup>) の約16倍に相当する. バッテリー駆動時間に関しては, 端末は10年間から15年間バッテリーを交換・充電せずに動作することが求められている.

#### (3)URLLC利用シナリオにおけるKPI

URLLC利用シナリオに対しては, 高信頼性と低遅延化の同時実現が要求されている. 遅延時間は,

U-Planeでの遅延として規定され [6], 上りリンクおよび下りリンクで共に0.5ms以下とすることが要求されている. なお, 32bytesのデータを1ms以内に $1 \cdot 10^{-5}$  (99.999%) の信頼性で送信できることが, 目標値として規定された.

## 3. 3GPPにおける5Gの評価条件

シナリオと要求条件に関するSIでは, 各要求条件を評価するための評価シナリオ (環境)・評価条件についても検討が行われた. その結果, 各利用シナリオに対応した複数の利用環境 (Deployment scenario) が規定され, 幅広い環境や周波数帯のサポートが求められた. 例えば, eMBBではさまざまな利用シーンが想定されるため, 幅広い基地局 (BS: Base Station) 間距離 (ISD: Inter-Site Distance) のレンジ (20~5,000m) や幅広い周波数帯 (中心キャリア周波数 \*<sup>14</sup>帯が700MHz~70GHz) を評価の対象とすることになった. 特に周波数帯については, 同じ利用環境の評価周波数帯を1つに限定せず, ほとんどの利用シナリオにおいて低い周波数帯 (例: 4GHz) と高い周波数帯 (例: 30GHz) の両方を評価対象にすることとなった.

### 3.1 eMBB関連

eMBBの利用環境および主な評価条件を表2に示す. eMBBに関しては, 平均周波数利用効率と5%ユーザ周波数利用効率を, それぞれ屋内ホットスポット \*<sup>15</sup> (Indoor hotspot), 密集都市部 (Dense urban), ルーラル (Rural), 都市部 (Urban macro) の利用環境で評価を行うことが合意された. 利用環境間の主な違いは適用周波数帯, セルレイアウト (ISDによって決まる) とユーザ分布および移動速度となっている.

モビリティについては将来の高速鉄道 (High speed

\*<sup>10</sup> 平均周波数利用効率 (Average (TRxP) spectral efficiency): 単位時間, 単位周波数帯域, 単位セルまたはTRxP当りに平均的に送ることのできる情報ビット数. 単位はbps/Hz.

\*<sup>11</sup> 5%ユーザ周波数利用効率 (5% user spectral efficiency): ユーザスループット累積分布 (CDF: Cumulative Distribution Function) の5%ポイントにおいて, ユーザが単位時間・単位周波数帯域で送ることのできる情報ビット数. 単位はbps/Hz.

\*<sup>12</sup> IMT-Advanced: ITU-Rにおいて, IMT-2000の後継と位置付け

られている規格. 高速移動時で100Mbpsを, 低速移動時でも1Gbpsの実現を想定したもの.

\*<sup>13</sup> NB-IoT: 狭い周波数帯を用いてIoT (センサなど) 向けに低速データ通信を行う端末用LTE通信仕様.

\*<sup>14</sup> 中心キャリア周波数: 通信に用いる周波数帯域における中心搬送波周波数. 搬送波とは情報を伝達するために変調される電波.

\*<sup>15</sup> ホットスポット: 屋内オフィスや駅前広場など, トラフィックが集中して発生する場所.

表2 eMBB関連利用環境および主な評価条件

利用環境 Deployment scenario	主な特徴		
	Carrier frequency	Cell layout	User distribution
Indoor hotspot	30GHz or 70GHz or 4GHz	ISD=20m, Open office, One floor	100% Indoor (3km/h)
Dense urban	4GHz+30GHz (Macro+Micro layers)	ISD=200m, Hexagonal grid layout for Macro layer, Random drop for Micro layer	80% Indoor (3km/h), 20% Outdoor (30km/h)
Rural	700MHz or 4GHz (ISD=1,732m case) 700MHz+2GHz (ISD=5km case)	ISD=1,732m or 5km, Hexagonal grid layout	50% Outdoor vehicles (120km/h) and 50% Indoor (3km/h)
Urban macro	2GHz or 4GHz or 30GHz	ISD=500m, Hexagonal grid layout	20% Outdoor in cars (30km/h) 80% Indoor in houses (3km/h)
High speed (High speed train)	4GHz or 30GHz	ISD=1,732m, Linear cell layout	User speed up to 500km/h
Extreme long distance coverage in low density areas	Below 1GHz, e.g., 700MHz	At least 100km range (Up to 150km - 300km range) Isolated Macro cell	User speed up to 160km/h

train) の最大移動速度を念頭において、IMT-Advancedの最大移動速度の時速350kmよりもさらに速い時速500kmをサポートすることとされた。モビリティの評価では高速鉄道向けのセル形成を想定し、基地局が直線状に並ぶ線形セルレイアウトが規定された。また、基地局が、鉄道車両内にある端末と直接通信するシナリオと、鉄道車両の屋上に設置したアンテナを介して通信するリレー型通信のシナリオが規定された。

なお、周波数帯に関して4GHzと30GHzの両方が評価対象となった。また、発展途上国や人口密度が低いエリアでの大規模セル展開を想定し、孤立セルの場合の最大カバレッジの目標値が最低100kmとなった。

これらのeMBB利用環境においてeMBBに紐づく要求条件を達成するには、多数のアンテナ素子数を用いるMassive MIMO (Multiple Input Multiple Output)<sup>\*16</sup>がキー技術とされている [7]。各周波数

帯において、基地局側および端末側で想定されているMassive MIMOにおける最大の送受信アンテナ素子数を表3に示す。

### 3.2 mMTC関連

mMTCでは、都市部環境にマクロセル<sup>\*17</sup>配置のために設置された基地局が6GHz以下の低いキャリア周波数を用い、屋内外に分布する端末をサポートする評価シナリオが規定された。評価条件の一例を表4に示す。

端末はスマートメータ<sup>\*18</sup>、センサ、工業ロボットなどが想定されているため、一般的にトラフィック密度が低いのが特徴である。そのため、3GPPにおける容量・接続密度の評価では、20~200bytes程度の上りデータがポアソン分布<sup>\*19</sup>に従って断続的(非連続的)に発生するFTP (File Transfer Protocol)<sup>\*20</sup>モデルなどが規定されている。なお、各端末をパケットロス率<sup>\*21</sup>1%以下でサポートすることを

\*16 Massive MIMO：送信と受信にそれぞれ複数素子のアンテナを用いることで無線信号を空間的に多重して伝送するMIMO伝送方式において、より多くのアンテナ素子で構成される超多素子アンテナの採用により、高周波数帯使用時の電波伝搬損失補償を可能とする鋭い電波ビームの形成や、より多くのストリームの同時伝送を実現する技術。これらにより、所望のサービスエリアを確保しつつ、高速なデータ通信を実現する。

\*17 マクロセル：セルとは移動通信システムにおいて、1つの基地局アンテナがカバーするエリアであり、マクロセルはカバーされるエリアが比較的広いセル（一般的に半径数百メートル以上）のこと。

\*18 スマートメータ：電力の使用状況をリアルタイムに計測し、見える化するための装置。

\*19 ポアソン分布：所与の時間間隔で発生する離散的な事象を数える時に使用する特定の確率変数 $X$ をもつ離散確率分布のこと。

表3 eMBB利用環境におけるMassive MIMO送受信アンテナ素子数

Parameters	Values
Number of BS antenna elements	700MHz : Up to 64 Tx/Rx 4GHz (& 2GHz) : Up to 256 Tx/Rx 30GHz : Up to 256 Tx/Rx 70GHz : Up to 1024 Tx/Rx
Number of UE antenna elements	700MHz : Up to 4 Tx/Rx 4GHz (& 2GHz) : Up to 8 Tx/Rx 30GHz : Up to 32 Tx/Rx 70GHz : Up to 64 Tx/Rx

Tx : Transmitter

Rx : Receiver

表4 mMTC関連評価条件の一例

Parameters	Values
Carrier frequency	700MHz (2,100MHz as optional)
Deployment scenario	Urban Macro : ISD=500m or 1,732m 20% of outdoor users (3km/h) + 80% of indoor users (3km/h)
Physical layer packet size	Follow 3GPP TR45.820 or use 40bytes fixed packet size
Traffic model	Non-full buffer with small packets (with Poisson arrival)
BS antenna elements	2 or 4 Rx ports (8 Rx ports as optional)
UE antenna elements	1 Tx

目標としている。加えて、mMTC端末を大量に配置するには、端末の低コスト化が極めて重要となる。そのため、上りリンク送信においてシンプルな送信回路を想定し、送信アンテナ数を1と想定している。伝送パケットサイズが小さいmMTCでは、データ信号量に対する制御信号量の割合が高くなりやすいため、いかに制御信号量を減らすかが効率的なデータ伝送を行うために重要となる。そこで基地局からのリソース割当ての制御信号を用いずに上りリンクのデータ送信を行うことが検討されている。基地局からのリソース割当て制御がない場合、ユーザ間の上りデータ信号の衝突が発生しうるが、衝突に起因したパケット誤りを一定レベル以下にするため、上りリンク非直交多元接続<sup>\*22</sup>を用いて上りリンク容

量<sup>\*23</sup>を増大させる技術が検討されている [8]。また、端末が1日当たり200bytesを送信し、カップリングロス<sup>\*24</sup>が最大164dBとなる条件で、mMTCのカバレッジ評価を行うこととされている。

mMTCに関する要求条件は、LTE-AdvancedのNB-IoT、eMTC (enhanced MTC) の拡張で達成できると見込まれている [9]。例えば、NB-IoTの帯域拡張技術を用いてConnection densityの要求条件を達成できる見込みがあることが一部の評価により示されている [10]。

### 3.3 URLLC関連

URLLCでは、データ信号を超低遅延かつ高信頼に伝送することが求められる。評価条件の一例を表5

\*20 FTP：インターネットなどのTCP/IPネットワーク上でファイルを転送する際に、一般的に用いられるプロトコル。

\*21 パケットロス率：一定の時間間隔（例えば100msから10s）で規定されるタイマ時間内にパケット伝送が完了しない確率。

\*22 非直交多元接続：複数の端末が直交していない通信リソースを共有することでデータ容量の増大を目指す技術。

\*23 リンク容量：単一リンクで実現可能な伝送速度のこと。

\*24 カップリングロス：送信機から受信機の間で発生する電力損失

の合計値。

表5 URLLC関連評価条件の一例

Parameters	Values
Carrier frequency	700MHz and 4GHz (FDD and TDD)
Deployment scenario	Urban macro : ISD=500m, 20% Outdoor in cars (30km/h) + 80% Indoor (3km/h) or Indoor hotspot : ISD=20m, Up to 12 BS per 120m×50m, 100% Indoor (3km/h)
SNR range	-5dB to 20dB
Physical layer packet size	e.g., 32, 50, 200bytes
Traffic model	Non-full buffer with small packets (with Poisson arrival) or periodic packet arrivals
BS antenna elements	Up to 256 Tx/Rx, 2/4/8 Tx/Rx ports as starting point
UE antenna elements	Up to 8 Tx/Rx, 2/4 Tx/Rx ports as starting point

FDD : Frequency Division Duplex

TDD : Time Division Duplex

に示す。6GHz以下のキャリア周波数を用い、全端末が屋内にいる場合の屋内ホットスポット環境の評価シナリオに加えて、都市部環境にマクロセル配置のために設置された基地局が、屋内外に分布する端末をサポートする評価シナリオが検討されている。なお、遅延に関しては、処理遅延、伝送遅延、再送遅延を考慮した理論計算に基づいた検討なども行われている [11]。一方、信頼性に関してはデータ送信開始から一定時間内におけるブロック誤り率をパケット成功率の指標として規定されており、リンクレベルシミュレーション<sup>\*25</sup>で評価が行われている。さまざまな伝送品質環境における特性を比較するため、評価対象の信号対雑音比 (SNR : Signal-to-Noise Ratio)<sup>\*26</sup>の範囲は-5dBから20dBとされている。データパケットのサイズは32~200bytesであり、FTPモデルに従って発生させている。

上記のシナリオに加えて、高速鉄道などを想定した最大時速500kmの高速移動環境における信頼性の検証や、コネクティッドカーとの通信を想定した都市部道路交通環境における遅延、信頼性に対する検証なども行われている。

また、上記の評価に並行してURLLC端末の収容可能数がシステムレベルで評価されている。具体的には、屋内ホットスポット環境および都市部マクロセル環境において、一定の信頼性を実現することが可能なURLLC端末数として指標が規定されている。

URLLCに関する要求条件は、新無線フレーム<sup>\*27</sup>構成 (OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)<sup>\*28</sup>のサブキャリア<sup>\*29</sup>間隔の最適化) や高速なACK/NACK (ACKnowledgment/Negative ACK)<sup>\*30</sup>フィードバックの設計などにより達成できると見込まれている [9]。

### 3.4 その他

上記に説明した利用シナリオ以外にもいくつかの利用シナリオが提案されている。具体的には、V2X (Vehicle to Everything) 通信<sup>\*31</sup>や超高速移動 (e.g., 1,000km/h) や長距離を想定したAir to Ground通信<sup>\*32</sup>やSatellite extension to terrestrial通信<sup>\*33</sup>である。これらは、移動通信以外のさまざまな業界 (Verticals) から提案されており、5Gへの期待の高さが伺える。

\*25 リンクレベルシミュレーション：送信機・受信機の機能、および、それらの間の無線伝搬路の物理的な振る舞いをモデル化したもので、送信から受信までの一連の機能や性能の試験に適用される。

\*26 信号対雑音比 (SNR)：雑音の電力に対する所望信号の電力の比。

\*27 フレーム：エンコーダ・デコーダが動作する周期、およびそれに対応する長さのデータ信号。

\*28 OFDM：デジタル変調方式の1つで、情報を複数の直交する搬送波に分割して並列伝送する方式。高い周波数利用効率での伝送が可能。

\*29 サブキャリア：OFDMなどのマルチキャリア伝送において信号を伝送する個々の搬送波のことをいい、副搬送波とも呼ばれる。

\*30 ACK/NACK：データ信号が正しく復号されたか否かを通知する制御信号。

\*31 V2X通信：V2Xは、自動車と他の自動車の間 (車車間 (V2V : Vehicle to Vehicle))、自動車と信号機や道路標識などのインフラ (路車間 (V2I : Vehicle to Infrastructure))、あるいはスマートフォンを持った歩行者と車の間 (車歩行者間 (V2P : Vehicle to Pedestrian)) が直接に相互通信することを目的とした無線通信システムの総称。

## 4. チャネルモデル

6GHz以上の周波数帯を対象としたチャネルモデルのSIに関しては、2015年9月～2016年6月の間に行われ、検討結果をもとに、技術報告TR38.900 V1.0.1が作成された [12]。上記をもって本SIは完了となったが、その後、2017年3月に、6GHz以下のチャネルモデルと統合される形でTR38.901 V14.0.0として合意された [13]。

### (1) LTE評価用3Dチャネルモデルと5G用チャネルモデル

LTE評価用に作成されたTR36.873に記載の3Dチャネルモデルと5G用チャネルモデルの比較結果を表6に示す [14]。チャネルモデルの基本デザインは、両者とも同じであり、パスロスモデル、見通し率モデル\*<sup>34</sup>およびファーストフェージングモデル\*<sup>35</sup>で構成されており、電波の受信レベル、伝搬遅延および到来角度を統計的に与える。また、周波数適用範囲については、TR36.873は6GHzまでしか対応していないが、TR38.901はミリ波などの高周波数帯に対応するために0.5～100GHzとなっている（ただし、ルーラルシナリオは除く）。なお、TR36.873では、ファーストフェージングモデルで利用する遅延スプレッド\*<sup>36</sup>および角度スプレッド\*<sup>37</sup>や、屋外基地局ー

屋内移動局のパスロス計算時に使用する建物侵入損失の値は、周波数にかかわらず一定値であったが、TR38.901では、広い周波数適用範囲に対応するために、両者とも周波数依存性をもたせている。TR38.901の建物侵入損失モデルの計算結果を図2に示す。図に示すように、本モデルでは、周波数の増加に伴い、建物侵入損失が増加する特性を考慮している。また、建物を構成するコンクリートや窓ガラスの割合を考慮した高損失および低損失モデルを定義しており、より詳細な特性を与えることが可能となっている。さらに、TR38.901では、5Gでの導入が想定されている技術に対応するために、Additional modeling componentと呼ばれるモデルも用意されている。

### (2) Additional Modeling Component

Additional modeling componentの概要を表7に示す。Additional modeling componentは、主に、大規模アレーアンテナ\*<sup>38</sup> (Massive MIMO)、ビームトラッキング\*<sup>39</sup> (ビームフォーミング\*<sup>40</sup>)、Multi-User MIMO\*<sup>41</sup>などの技術を、より正確に評価するためのモデルであり、基本モデルに追加する形で、シミュレーションに適用する。

表6 LTE用および5G用チャネルモデルの比較

	LTE用3Dチャネルモデル	5G用チャネルモデル
ドキュメント	3GPP TR36. 873	3GPP TR38. 901
モデルタイプ	GSCM	GSCM
適用周波数範囲	～6GHz	0.5～100GHz
特徴	・ LSP (遅延スプレッド、角度スプレッドなど) および建物侵入損失が周波数に依存せず一定値	・ LSP、建物侵入損失に周波数依存性あり ・ Additional modeling component を用意 (5G技術に対応するためのモデル)

GSCM : Geometry-based Stochastic Channel Model

LSP : Large Scale Parameter

\*<sup>32</sup> Air to Ground通信：衛星を利用せず、航空機と地上の間で直接通信を行う技術。

\*<sup>33</sup> Satellite extension to terrestrial通信：地上系通信の補完を目的とした衛星通信。低軌道周回衛星 (LEO : Low Earth Orbit satellite)、中軌道周回衛星 (MEO : Medium Earth Orbit satellite)、静止衛星 (GEO : Geostationary Earth Orbit satellite) を含む。

\*<sup>34</sup> 見通し率モデル：基地局ー移動局間の距離を主なパラメータと

して、両地点間が見通し状態になる確率を与えるモデル。

\*<sup>35</sup> ファーストフェージングモデル：受信レベルの変動周期が短いフェージングを発生させるモデル。

\*<sup>36</sup> 遅延スプレッド：電波伝搬において、建物などからの反射・回折により遅延して到来するすべての電波の遅延時間の広がり。全到来波の遅延時間について受信電力による重み付け統計処理を行い、求められる標準偏差で定義される。

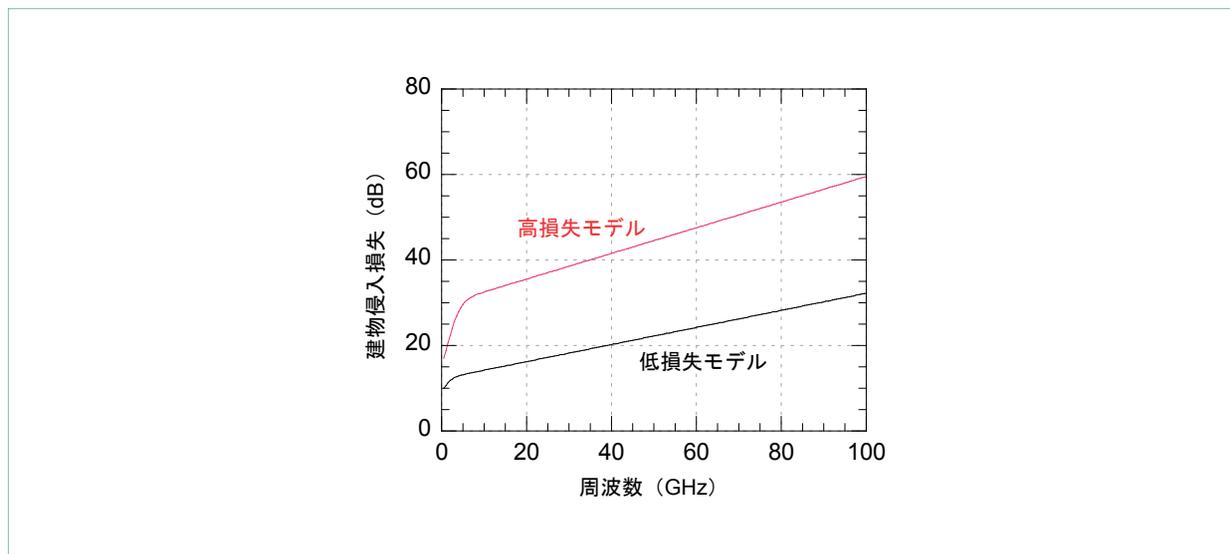


図2 建物侵入損失

表7 Additional modeling componentの概要

モデル名	概要
酸素減衰	52~68GHzにおいて、酸素による電力の減衰を与えるモデル
広帯域および大規模アレーアンテナ	広帯域および大規模アレーアンテナの利用により時間および空間領域において高分解能となるときに遅延および出射/到来角度を与えるモデル
Spatial consistency	ビームトラッキングやMU-MIMOなどの評価の際にチャンネルを連続的に変化させるモデル
ブロッケージ	静止もしくは移動物体により基地局または移動局が遮蔽される場合のモデル
マルチ周波数シミュレーションのための相関モデル	複数の周波数で同時にシミュレーションを行う際の手順を説明したモデル
時変動ドップラー周波数	移動局が直線に移動しない場合、もしくは到来方向が時変動する場合に、ドップラー周波数を与えるモデル
User terminal回転	移動局の回転を考慮して計算を行うモデル
大地反射	LOS環境における大地反射を考慮したモデル

LOS : Line Of Sight

## 5. あとがき

本稿では、5Gに対する世界的な関心の高まり、技術開発が進展している状況を踏まえ、5G無線インタフェース仕様化を進めるにあたり3GPPが定義した5G要求条件および5G評価条件について解説

した。これまでに要求条件および評価条件がワーキンググループレベルで詳細化され、無線インタフェースの設計や評価が行われている [8] [9]。ドコモは3GPPにおける本議論の取りまとめ役を果たし、今後も引き続き5G標準化に積極的な貢献を行っていききたい。

- \*37 角度スプレッド：電波伝搬において、建物などからの反射・回折により到来するすべての電波の到来角度の広がり、全到来波の到来角度について受信電力による重み付け統計処理を行い、求められる標準偏差で定義される。
- \*38 アレーアンテナ：複数のアンテナ素子を配列したアンテナのこと。
- \*39 ビームトラッキング：複数のアンテナの振幅および位相の制御によってアンテナに指向性パターンを形成し、移動端末の移動方向を追従し、その方向に対してアンテナ利得が増加するよう

- に指向性パターンを更新する技術。
- \*40 ビームフォーミング：複数のアンテナの振幅および位相の制御によってアンテナに指向性パターンを形成し、特定方向に対するアンテナ利得を増加/減少させる技術。
- \*41 Multi-user MIMO：複数ユーザの信号をMIMO多重伝送することにより、周波数利用効率を向上させる技術。

## 文 献

- [1] 岸山, ほか: “ドコモの5Gに向けた取組み—2020年での5Gサービス実現に向けて—,” 本誌, Vol.23, No.4, pp.6-17, Jan. 2016.
- [2] METIS: “Scenarios, requirements and KPIs for 5G mobile and wireless system,” Apr. 2013.
- [3] NGMN: “NGMN 5G White Paper,” Feb. 2015.  
[https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN\\_5G\\_White\\_Paper\\_V1\\_0.pdf](https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf)
- [4] ARIB 2020 and Beyond Ad Hoc Group: “Mobile communications systems for 2020 and beyond,” Oct. 2014.  
<http://www.arib.or.jp/english/20bah-wp-100.pdf>
- [5] 勧告ITU-R M.2083-0: “IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond,” Sep. 2015.
- [6] 3GPP TR38.913 V14.1.0: “Study on scenarios and requirements for next generation access technologies (Release 14),” Dec. 2016.
- [7] 須山, ほか: “5Gマルチアンテナ技術,” 本誌, Vol.23, No.4, pp.30-39, Jan. 2016.
- [8] 3GPP TR38.802, V14.1.0: “Study on new radio access technology physical layer aspects (Release 14),” Jun. 2017.
- [9] 武田, ほか: “5Gにおける物理レイヤ要素技術と高周波数帯利用に関する検討状況,” 本誌, Vol.25, No.3, pp.23-32, Oct. 2017.
- [10] 3GPP RP-170512: “On NB-IoT 5G mMTC requirement fulfillment,” Mar. 2017.
- [11] 3GPP R1-167269: “On the URLLC transmission formats for NR TDD,” Aug. 2016.
- [12] 3GPP TR38.900 V14.3.0: “Study on channel model for frequency spectrum above 6 GHz (Release 14),” Jun. 2017.
- [13] 3GPP TR38.901 V14.0.0: “Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz (Release 14),” Mar. 2017.
- [14] 3GPP TR36.873 V12.4.0: “Study on 3D channel model for LTE (Release 12),” Mar. 2017.