

無線LAN関連国際標準化の動向

山田 暁 ●NTTドコモ

ユーザーやエリアごとのスループット向上を目指すIEEE802.11axの標準化が開始。60GHzの高速化、次世代測位方式、携帯電話コア網への収容の高度化も議論。

スマートフォンやタブレット端末、リッチコンテンツ等の普及に伴い、無線LAN利用時にユーザーが体感する品質の向上が求められている。また、国内外にて携帯電話システムのトラフィックは急増しており、モバイルオペレータは無線LANシステムへのトラフィックのオフロードを進めている。こうした状況を鑑み、各標準化団体では、携帯電話と無線LANのシステム間連携機能の向上や、通信速度の高速化に向けた議論を活発化させている。

本稿では、IEEE802.11 Working Groupでの最新状況を中心に、無線LANに関わる標準化動向について解説する。

■無線LANシステムに関する標準化

無線LANシステムおよびその他システムとの連携に関する技術は、IEEE802.11、Wi-Fi Alliance (WFA)、Wireless Broadband Alliance (WBA)、3GPPにおいて、それぞれ標準化が行われている。

IEEE802.11では、無線通信を高度化するための無線伝送方式の標準化や、アクセスポイントへの接続方法や認証方法、送信タイミング等を定めるMAC層での標準化、他システムとの連携に関し

て検討がなされている。

Wi-Fi Allianceでは、無線LAN機器間の相互接続に関わる認定プログラムの策定や、携帯電話システムとの連携に関して議論している。

Wireless Broadband Allianceでは、特にオペレータにより運用される無線LANサービスを中心とした、相互認証手段の標準化やホワイトペーパーを策定している。

3GPPでは携帯電話-無線LANシステム間のIPアドレスの共通化や、シームレスハンドオーバーを実現する技術、無線LAN用周波数帯域をLTEにて活用する技術の標準化がなされている。

■IEEE802.11 標準規格

●概要

IEEE802.11標準化は1991年から開始され、以降多くの高度化技術が標準化されている（資料5-3-4）。現在、6個のTask Group (IEEE802.11ah、ai、aj、ak、aq、ax) にて標準化が進められると共に、新たな標準の策定を目指す2個のStudy Group (NG60、NGP) が立ち上げられた。

資料5-3-4 IEEE802.11 標準規格およびグループ一覧

グループ名	標準化内容	標準化完了 (予定) 時期
IEEE802.11	2.4GHz 帯無線 LAN	1997 年 6 月
IEEE802.11a	5GHz 帯無線 LAN	1999 年 9 月
IEEE802.11b	2.4G 帯無線 LAN の高速化 (CCK)	1999 年 9 月
IEEE802.11c	MAC ブリッジ機能の追加	1998 年 9 月
IEEE802.11d	各国の電波法への対応	2001 年 6 月
IEEE802.11e	QoS サポート	2005 年 9 月
IEEE802.11f	アクセスポイント間通信方式	2003 年 6 月
IEEE802.11g	2.4GHz 帯無線 LAN の高速化 (OFDM)	2003 年 6 月
IEEE802.11h	欧州向け送信電力制御方式	2003 年 9 月
IEEE802.11i	セキュリティ方式	2004 年 9 月
IEEE802.11j	4.9GHz-5GHz の日本向け方式	2004 年 9 月
IEEE802.11k	無線リソース制御方式	2008 年 5 月
IEEE802.11n	2.4GHz/5GHz 帯の高速化 (MIMO)	2009 年 9 月
IEEE802.11p	自動車向け通信方式	2010 年 7 月
IEEE802.11r	アクセスポイント間高速ハンドオーバー方式	2008 年 5 月
IEEE802.11s	無線 LAN メッシュネットワーク	2011 年 8 月
IEEE802.11u	異種ネットワークとの相互接続方式	2011 年 2 月
IEEE802.11v	無線ネットワークマネジメント方式	2011 年 2 月

グループ名	標準化内容	標準化完了 (予定) 時期
IEEE802.11w	マネジメントフレームのセキュリティ高度化	2009 年 9 月
IEEE802.11y	US 向け 3.65GHz-3.7GHz 無線 LAN 方式	2008 年 11 月
IEEE802.11z	端末間の直接リンク通信方式	2010 年 10 月
IEEE802.11aa	ビデオ伝送向け無線 LAN 方式	2012 年 6 月
IEEE802.11ac	超高速無線 LAN 方式 (5GHz)	2013 年 12 月
IEEE802.11ad	超高速無線 LAN 方式 (60GHz)	2012 年 10 月
IEEE802.11ae	マネジメントフレームの QoS 対応	2012 年 3 月
IEEE802.11af	TV ホワイトスペース向け無線 LAN 方式	2013 年 12 月
IEEE802.11ah	M2M デバイス向け通信方式	2016 年 1 月
IEEE802.11ai	高速リンク確立方式	2016 年 1 月
IEEE802.11aj	中国向けミリ波無線 LAN 方式	2016 年 3 月
IEEE802.11ak	無線 LAN ブリッジ方式	2016 年 11 月
IEEE802.11aq	サービスディスカバリ方式	2015 年 5 月
IEEE802.11ax	高効率無線 LAN 方式	2019 年 3 月
NG60	次世代 60GHz 無線 LAN 方式	未定
NGP	屋内向け測位方式	未定

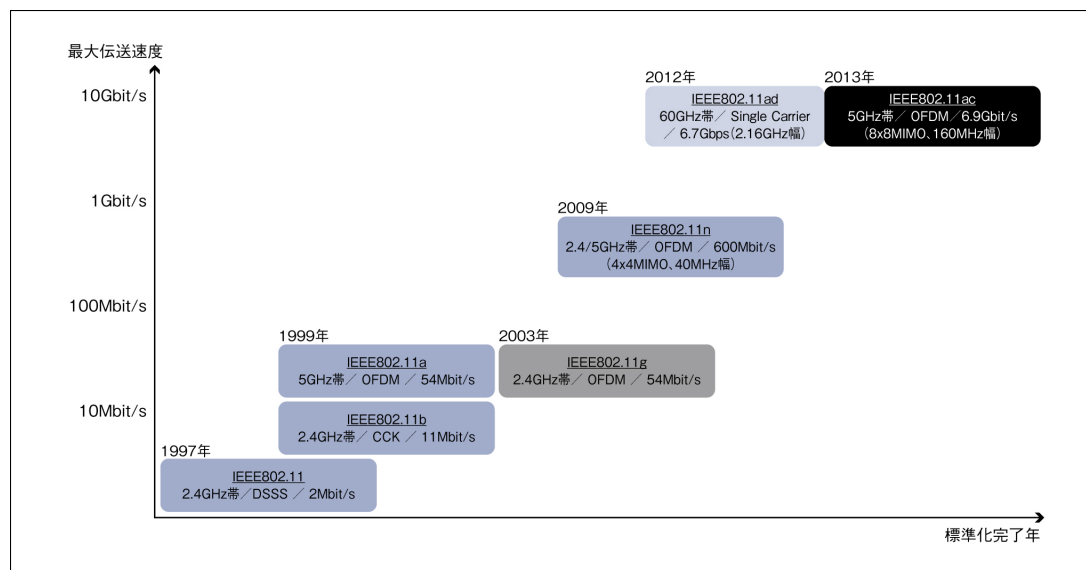
出典：「OFFICIAL IEEE 802.11 WORKING GROUP PROJECT TIMELINES」¹をもとに筆者作成

●無線伝送速度の変遷

無線LANに関連するメーカーにとって、無線伝送速度の高速化はユーザーへデバイスの買い替えを促すことができる大きなビジネスチャンスであり、これまで無線LAN標準化における中心的な位置づけとして技術検討が進められてきた。

1997年に標準化された最初のIEEE802.11規格では最大2Mbpsまでに限定されていたが、最新のIEEE802.11ac規格では、仕様書上の最大伝送速度は約6.9Gbpsを達成した。これまでの標準化仕様における無線伝送速度の変遷と、代表的な変調方式や採用された技術を資料5-3-5に示す。

資料5-3-5 無線伝送速度の変遷



出典：筆者作成

- ・ **IEEE802.11**：2.4GHz帯、DSSS 最大速度 2Mbps
- ・ **IEEE802.11a**：5GHz帯、OFDM 最大速度 54Mbps
- ・ **IEEE802.11b**：2.4GHz帯、DSSS/CCK 最大速度 11Mbps
- ・ **IEEE802.11g**：2.4GHz帯、OFDM、最大速度 54Mbps
- ・ **IEEE802.11n**：2.4/5GHz帯、OFDM、最大速度 600Mbps (40MHz帯域幅、4x4 MIMO)
- ・ **IEEE802.11ac**：5GHz帯、OFDM、最大速度 6.9Gbps (160MHz帯域幅、8x8 MIMO)

●無線LANで利用可能な周波数帯

無線LANで利用可能な周波数帯は、2.4GHz帯と5GHz帯に大別される。資料5-3-6および資料5-3-7に、日本国内において無線LANで利用可能

な周波数チャネル配置を示す。

2.4GHz帯における中心周波数は1chから14chの間が規定されている。20MHz帯域幅にて利用する場合は、全てのチャネルを中心周波数として利用可能である。

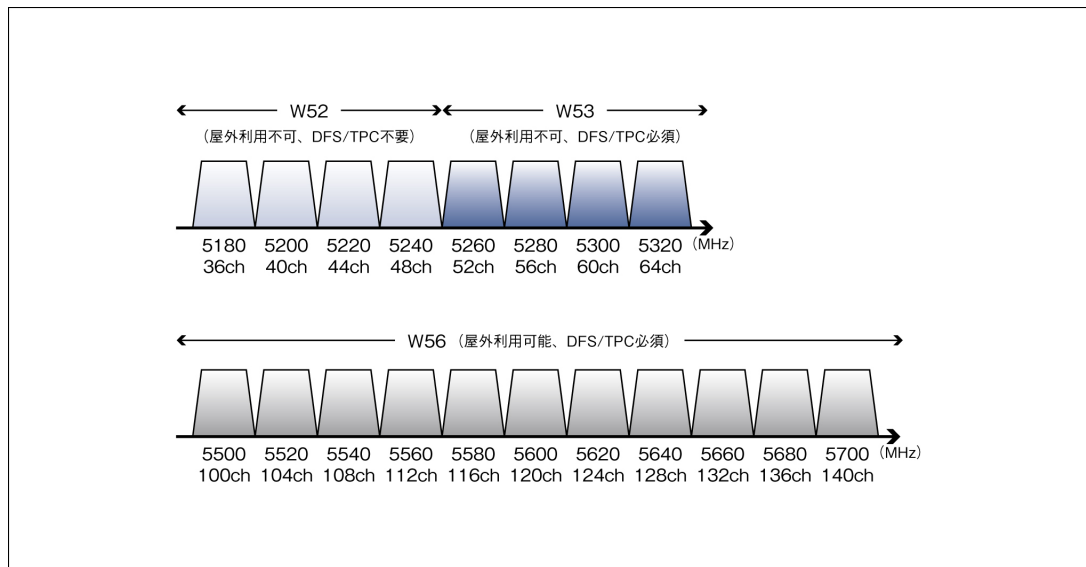
一方、5GHz帯では、中心周波数として利用可能な周波数チャネルは、資料5-3-7に記載した値のみとなっている。また、5180MHzから5320MHzを中心周波数とする周波数帯(W52およびW53)では、屋外での利用が禁止されている。その他、5260MHzから5320MHzおよび5500MHzから5700MHzを中心周波数とする場合は、利用する周波数チャネルを環境に応じて動的に変更する機能であるDynamic Frequency Selection (DFS)と、通信に必要最小限な出力電力に抑えて他システムへの影響を最小限にする機能であるTransmit Power Control (TPC)等の機能が必要となる。

資料5-3-6 2.4GHz帯における無線LANチャンネル配置の一例



出典：筆者作成

資料5-3-7 5GHz帯における無線LANチャンネル配置



出典：筆者作成

■IEEE802.11ax標準化の状況

●概要

昨今、廉価なアクセスポイントや光回線、無線

LAN通信の可能な端末が、急速に普及している。それに伴い、市街地や住宅地、オフィス等において無線LANアクセスポイントが乱立している。そ

1
2
3
4
5
6
の結果、無線システムのスループット低下の問題が顕在化している。

その課題解決のため、これまでの規格がフォーカスしていたアクセスポイントあたりのスループットのみではなく、ユーザーごとあるいはエリアごとのスループットの向上を目指した新たな技術が求められてきた。

2013年5月からIEEE802.11 Working Groupにおいて、High Efficiency Wireless LAN Study Group (HEW-SG) の活動が開始された。HEW-SGでは、新たな規格にて求められる機能について明確化し、2014年5月にIEEE802.11ax Task Group (TG) へ昇格し、標準化が開始された。IEEE802.11axでは、IEEE802.11acにてスコープ外とされた2.4GHz帯を含め、ユーザースループットの4倍以上の向上を目標としている。また、ユースケースとして、従来のデータ通信のみならず、音声通話やビデオ通話時のユーザー体感品質向上、クラウドへのアクセスや携帯電話システムのトラフィックオフロード等、幅広い利用が想定されている。

2014年11月会合以降、技術仕様の詳細策定に向けたSpecification Framework Document (SFD) の作成が開始された。また、IEEE802.11axは参加者数が数百名に上ることから、議論の効率化のために4個のアドホックグループ (PHY、OFDM、MAC、Spatial-Reuse) に分離した上での議論が予定されている。現在、2016年7月にDraft1.0を、2017年3月にDraft2.0を、2019年に標準化完了を目指し、議論が進められている。

● IEEE802.11axの利用シナリオ

以下の4種類のシナリオを元に、利用シーンとともに議論が進められている。

(1) **Residential** : アパートにおいて、数十個

のアクセスポイントが設置される状況を想定

(2) **Enterprise** : オフィスにおいて、10~20m間隔でアクセスポイントが設置される状況を想定

(3) **Indoor Small BSS Hotspot** : 屋内において、100台程度のアクセスポイントが設置される状況を想定

(4) **Outdoor Large BSS Hotspot** : 屋外において、100~200m間隔でアクセスポイントが設置される状況を想定

■ IEEE802.11axの要素技術

IEEE802.11axでは高効率な無線LANシステム実現に向け、以下の技術を候補とした議論が進められている。

● OFDMシンボルの延長

IEEE802.11axでは、OFDMシンボルを延長することでフレーム効率を高めることが議論されている。それに加え、Cyclic Prefix長を長くすることで、屋外利用時の遅延波に対する耐干渉性を高めることが議論されている。具体的には、現在のOFDMシンボル長 (3.2us) を2倍から8倍程度とし、Cyclic Prefix長 (0.4usまたは0.8us) を4倍 (1.6usまたは3.2us) とすることが議論されている。

● OFDMAの適用

周波数軸方向でのユーザー多重による高効率化を目指し、LTEやWiMAXで採用されているDL (下りリンク) およびUL (上りリンク) でのOFDMAの無線LANへの適用について各社から提案がなされている。

● 上りリンクMU-MIMOの適用

下りリンクのDL-MU-MIMOはIEEE802.11acで規定されていたが、UL (上りリンク) への適用

も議論されている。

●DSC (Dynamic Sensitivity Control) の適用

無線LANにて使用されているユーザー多重方式であるCSMA/CAは、周辺の端末が送信していないことを確認した上で、自端末の送信を開始する方式である。従来、周辺端末からの受信電力が一定のしきい値以上の場合、自端末の送信を抑止していた。

それに対してIEEE802.11axでは、そのしきい値を動的に制御（DSC）することにより、他端末が送信中であっても自端末の送信を許容する予定である。DSCにより、一定のSINRが担保できるエリアでの通信を許容することで、エリアスループットの向上が期待される。

■その他IEEE802.11の状況

●60GHz帯無線LANの高速化

60GHz帯無線LAN（IEEE802.11ad）の後継規格の策定を目指すグループであるNext Generation 60GHz Study Group（NG60-SG）が立ち上がり、2014年9月から活動を開始している。2014年12月現在、MIMO等を適用した高速化により、MAC層で20Gbpsの通信速度実現を目指し、2015年7月から標準化を開始する予定である。

●次世代測位方式

2015年1月から、次世代測位方式の標準化を策定するグループであるNext Generation Positioning Study Group（NGP-SG）が立ち上がる予定である。NGPでは誤差0.1m以下の屋内向け測位の実現を目指す予定である。

■関連標準規格の動向

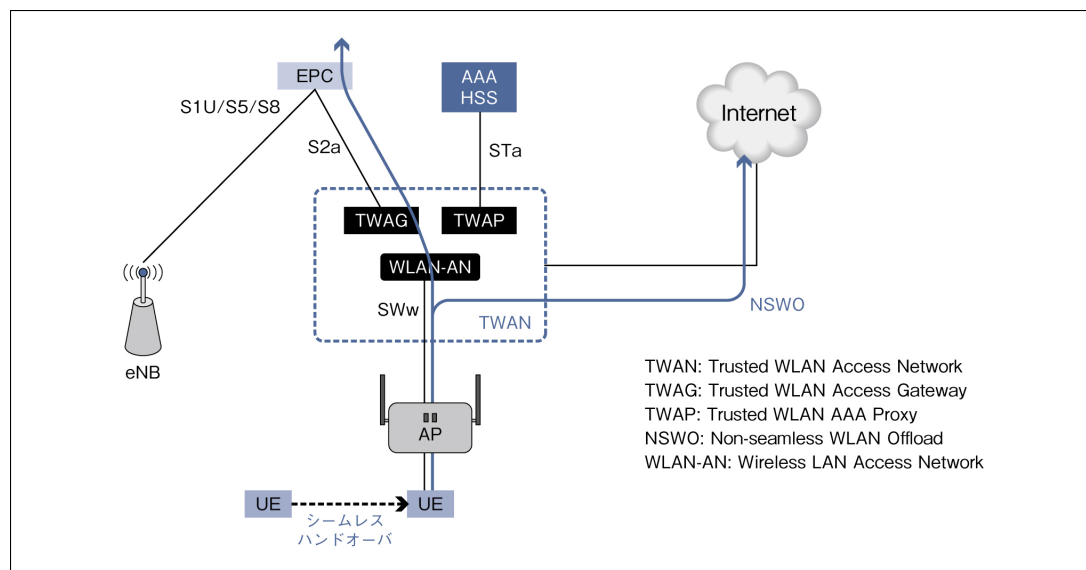
携帯電話-無線LAN間のシステム間のハンドオーバーや、携帯電話システムからのトラフィックのオフロードなど、異なるシステムを効率よく連携させるための技術が各標準化団体にて議論されている。

●携帯電話コア網へのデータトラフィック収容

スマートフォンの普及に伴い、携帯電話向けサービスを無線LANでも利用可能にする要望が高まっている。そのため3GPPでは、無線LANトラフィックのEvolved Packet Core（EPC）への収容を実現する技術（SaMOG）をもとに、さらに高度化したEnhanced S2a Mobility Over trusted WLAN access to EPC（eSaMOG）の標準化を進めている。

eSaMOGでは、LTEから無線LANへのシームレスハンドオーバーが実現可能となる。eSaMOGにおけるネットワーク構成を資料5-3-8に示す。

資料5-3-8 eSaMOGにおけるネットワーク構成



出典：「3GPP TS 36.300 v12.3.0」をもとに筆者作成

●無線LANホットスポットでの利便性向上

スマートフォンの普及に伴い、無線LANホットスポット利用時の利便性を向上させるための標準化が推進されている。

Wireless Broadband Allianceでは、通信キャリアによるホットスポットの高度化を目的とした議論が進められている。

Next Generation Hotspot (NGH) Programでは、無線LAN利用時のユーザーの利便性を携帯電話と同等レベルまで高めることを目的とした認定プログラムを策定している。具体的には、Hotspot2.0やオンラインサインアップの適用によるアクセスポイントへの接続を容易にすることや、無線LANトラフィックの携帯電話コア網 (EPC) への収容によるシステム間ハンドオーバーの実現が求められている。また、認定プログラムの策定にあたり、多数のオペレータにより相互接続試験を行う“NGH Trial”が1～2年ごとに実施されている。

●アンライセンスバンドでのLTE利用

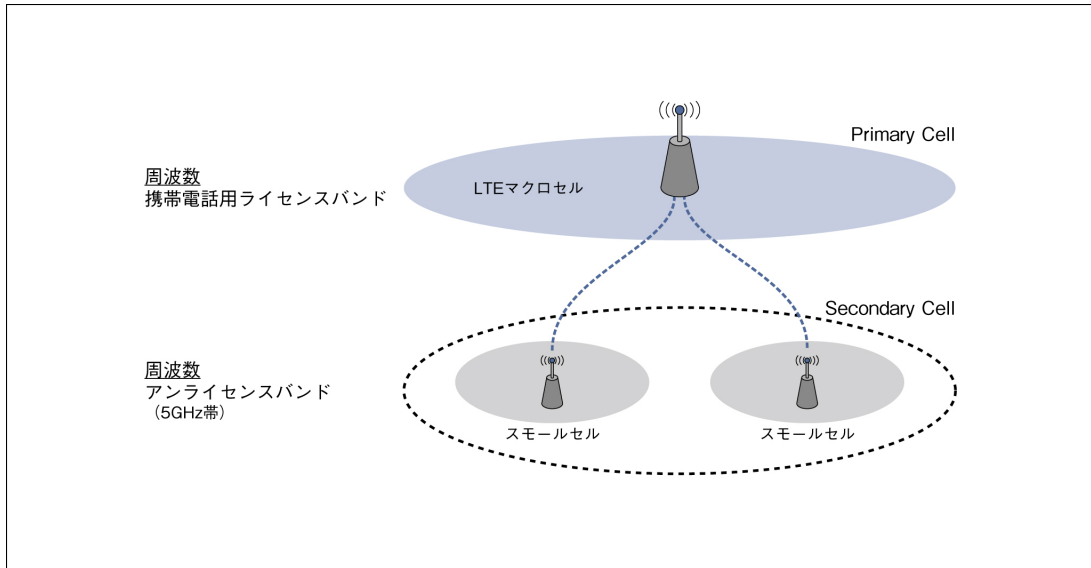
3GPPでは、Licensed Assisted Access using

LTE (LAA) と呼ばれる議論が進められている。これは、LTEを無線LANシステムで利用されている5GHz帯にて運用可能にするものである。2014年9月の3GPP RAN Plenaryで、Study Itemとして活動が承認された。現在、要素技術や実現方法についての議論が開始されており、2015年6月にTechnical Reportが完成する予定である。

LAAの利用シナリオとして、Carrier AggregationでのSecondary Cellとしての利用を中心に議論が進められている (資料5-3-9)。また、既存の無線LANシステムとの干渉を回避するための仕組みであるListen Before Talk (LBT) についても、検討が進められている。

一方、既に5GHz帯にて既にデバイスが広く普及しているIEEE802.11やWireless Broadband Alliance、Wi-Fi Allianceでも、LAAとの同一周波数帯における共存方式に関する議論がなされている。例えば、IEEE802は3GPP側へLiaison Letterを送付し、システム間の同一周波数帯におけるFair Sharingメカニズムの確立を呼びかけている。

資料5-3-9 LAAの利用シナリオ (例)



出典：「3GPP R1144469」をもとに筆者作成

1.http://www.ieee802.org/11/Reports/802.11_Timelines.htm



1996, 1997, 1998, 1999, 2000, ...

[インターネット白書ARCHIVES] ご利用上の注意

このファイルは、株式会社インプレスR&Dが1996年～2015年までに発行したインターネットの年鑑『インターネット白書』の誌面をPDF化し、「インターネット白書 ARCHIVES」として以下のウェブサイトで公開しているものです。

<http://IWParchives.jp/>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、データ、URL、名称など)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真・図の作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は掲載されていない場合があります。
- このファイルの内容を改変したり、商用目的として再利用したりすることはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用される際は、出典として媒体名および年号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレスR&D)などの情報をご明記ください。
- オリジナルの発行時点では、株式会社インプレスR&D(初期は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めました。すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接的および間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

お問い合わせ先

株式会社インプレス R&D

✉ iwp-info@impress.co.jp