

愛知教育大学におけるLCX無線LANの評価

安本 太一* 佐合 尚子**

*情報教育講座

**ICT教育基盤センター

Evaluation of Leaky Coaxial Cable Wireless LAN in Aichi University of Education

Taichi YASUMOTO* and Naoko SAGO**

**Department of Information Sciences, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

***Center for Information and Communication Technology, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

1 はじめに

2015年度末にLCX無線LAN [1, 2, 3] が本学のいくつかの教室で整備された。LCXは、Leaky Coaxial Cableの略で日本語では漏洩同軸ケーブルといい、固定アンテナの代わりに、特別に加工された同軸ケーブルから出る微弱電波によって、無線LANを実現するものである。微弱電波を利用するので、電波が飛び過ぎず不正アクセス防止に一役買い、マルチパスの心配がなくなり、ケーブルを引き回すことにより固定アンテナ(モノポールアンテナなど)を用いた場合に生じるような電波の死角をカバーできるという利点がある。

2016年度4月からLCX無線LANの供用を開始したが、当初は遅いとか切れやすいといった接続状況であった。納入業者に状況を粘り強く伝え、LCXと組み合わせている無線LANアクセスポイントの設定を変えてもらい、2016年9月5日に接続状況の改善に至った。本稿では、伝送速度、ヒートマップ(受信信号強度などを可視化したもの)、Wi-Fiスキンのデータを示しながら、固定アンテナ無線LAN(通常の無線LAN)との比較や改善の過程を交えて、本学のLCX無線LANの性能について報告する。

2 本学のLCX無線LAN

303~309教室と412教室にLCX無線LANが整備された。天井懐に日立金属製LCXが敷設され、無線LANアクセスポイントとしてフルノシステム製ACERA 810を使用している。ACERA 810は、802.11n, 2ストリーム対応で本来は2本の固定アンテナ使用であるが、一方の固定アンテナ接続端子にLCXを、他方の固定アンテナ接続端子には終端抵抗を接続している。理論上

の無線LANの伝送速度は最大150Mbpsである。1つの教室には、教室の広さに応じて、LCXとアクセスポイントの組が2~4組設置されている。303教室なら、4組あって、各組は教室の前のほうから約4分の1ずつ担当するように配置されている。306教室なら、2組あって、教室の前方と後方を約半分にわけて、担当するようになっている。厳密に均等になっていない教室があるのは、天井懐の構造の事情などによる。

3 改善前のLCX無線LANの性能

2016年5月9日4限目終了後に計測した303教室などのLCX無線LANの実効速度は、おおよそ最大30Mbps弱で、310~315教室などの既設の固定アンテナ無線LANと比べて、また一般的な無線LANとしても、極めて遅いものであった。

3.1 改善前の実効速度

ノートパソコン同士で通信した時の実効速度を計測した結果を、表1に示す。303教室で計測したものを示しているが、LCX無線LANが設備された他の教室で計測しても、同じような速度であった。計測は、教室には筆者以外はいない状態で、(液晶プロジェクタやマイクアンプなどの操作卓の方ではなく)教卓に近い前の方の席で行っている。

比較のために、314教室の固定アンテナ無線LANと有線LANの実効速度を併せて示す。実効速度の計測は、図1に示すように、速度計測ソフトウェアiperf2を動作させた1組のノートパソコン(アップル製MacBook (IEEE802.11n, 2ストリーム, OS X El Capitan 10.11.4)を用いて行った。314教室には、固定アンテナ無線LANアクセスポイントARUBA製AP-105

表1：2016/5/9のLCX無線LANなどの実効速度
教室内のホスト間

教室とLANの種類	303教室 LCX 無線	314教室 固定アンテナ 無線	314教室 ギガビット 有線
実効速度	18.5	89.7	941

(単位はMbps)

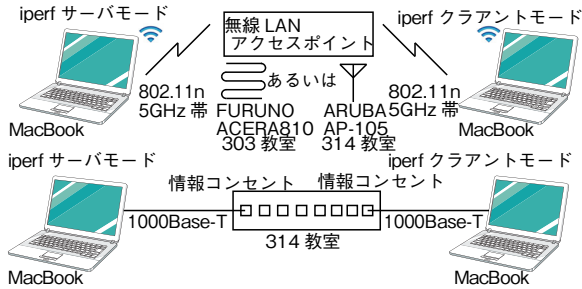


図1：実効速度のテスト環境1

(802.11n, 2ストリーム, 固定アンテナは内蔵, 理論上最大300Mbps)と有線LANが設備されている。314教室の無線LANと有線LANはスイッチでブリッジ接続されているが, 303教室にはノートパソコンを接続するための有線LANが設備されていない。

図1の方法では, 2台のノートパソコンはインフラストラクチャーモードで同一の無線LANアクセスポイントを使用している状況で測定しているため, ごく短い時間で考えると“左側のノートパソコンと無線LANアクセスポイントの通信”と“無線LANアクセスポイントと右側のノートパソコンの通信”は同時にはできず, 実効速度が半分以下になってしまい, 表1はそれを反映していると推測される。

このことを, 確認するために, 一方のコンピュータを有線にして, 実効速度を計測した。303教室には有線LANの情報コンセントがないことから, 有線側は自然科学棟内の筆者の教員室から行うことにし, 図2のような環境で, 実効速度を計測した。その結果を, 表2に示す。LCX無線LANの速度は, 約1.5倍になっている。2倍にはなっていないが, 無線LANのホスト間より明らかに速くなっている。314有線LANは, 教室内の情報コンセント間の場合941Mbpsと比べて, 実効速度が600Mbpsと大幅に落ちているが, これはNAPTや途中経由したルータなどによるオーバーヘッドが原因であると推測される。600Mbpsは, 計測して得られているLCX無線LANの実効速度に比べて十分速いので, LCX無線LANの実効速度の計測には影響を与えていないと推測できる。理論上最大300Mbpsである314教室の固定アンテナ無線LANの速度向上がわずかであり93.7Mbpsという結果で100Mbpsを超えていないのは, 314教室内の無線LANアクセスポイントAP-105の有線側が(1Gbps対応であるにもかかわらず)100Mbps

表2：2016/5/9のLCX無線LANなどの実効速度
教室外有線と教室内無線のホスト間

教室とLANの種類	303教室 LCX 無線	314教室 固定アンテナ 無線	314教室 ギガビット 有線
実効速度	27.9	93.7	600

(単位はMbps)

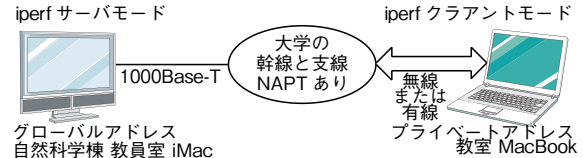


図2：実効速度のテスト環境2

接続されて頭打ちになっているからであると推測される。

3.2 改善前の受信信号強度

2016年5月24日の4限終了後に, 受信信号強度(以下RSSI: Received signal strength indicationという)をmacOS El CapitanのWi-Fiモニターを使って計測した。RSSIの計測場所は, 実効速度の計測場所と同じ(操作卓ではなく)教卓に近い席である。図3に303教室LCX無線LANの結果を示す。5分間計測した結果から, RSSIは-68dBm, ノイズは-93dBm, SNR (Signal to Noise Ratio)が25dB (= -68 - (-93))であると判断される。リンク速度が162Mbpsとなっているのは, アクセスポイントACERA 810に2つあるアンテナ端子の一方だけにLCXを接続している形態では有り得ないが, 他方のアンテナ端子に接続している終端抵抗付近から電波が漏れ出ていることが原因と推測される。

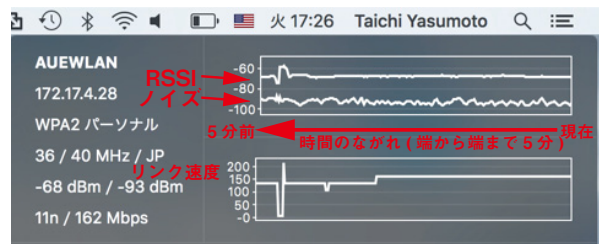


図3：2016/5/24の303教室のRSSIなど



図4：2016/5/24の314教室のRSSIなど

無線LANが安定するRSSIなどの目安を、複数の情報関係の企業が示している。バッファロー社のホームページでは、 $-30\text{dBm} \sim -40\text{dBm}$ で無線LAN接続が安定、 -60dBm 以下は無線LAN接続が不安定になる場合があると説明している。無線LAN分析ソフトの開発元である米国のEtwork社のホームページでは、RSSIが -40dBm 以下は心配、 -70dBm 以下は危機的と説明している。SNRについては、 $10 \sim 15\text{dB}$ が信頼できない接続を確立するための最低限の値、 $16 \sim 24\text{dB}$ が不足、 $25 \sim 40\text{dB}$ が良い、 41dB 以上が優秀と説明されている。バッファロー社はSNRの目安を示していない。

303教室は、バッファロー社の目安ではRSSIは不安定、NetSpot社の目安では、RSSIは（心配の範囲であるが）危機的に近い値、SNRは（良いの範囲ではあるが）不足に近い値である。総合的には、303教室は電波が弱いと判定される。

一方、比較のために計測した314教室の結果を図4に示す。先ほど示した目安によれば、RSSIは -33dBm で2社の目安で十分高いといえる。ノイズは -94dBm で、SNRは 61dBm で優秀である。

303教室のノイズは -93dBm 、314教室のノイズは -94dBm で、2つは似たような値になっている。他の場所はどうかという事で、2016年5月29日に、イトーヨーカドー刈谷店の地下一階フードコートのセブンスポットで計測した時のノイズは -86dBm 、ミニストップ刈谷今川店のSoftbank Wi-Fiスポットで計測した時のノイズは -88dBm であった。学外の2箇所を調べただけで結論づけるのは適切ではないかもしれないが、Wi-Fiモニタの信号強度の目盛の下限が -100dBm であることもあわせて考えれば、本学の第一共通棟3階のノイズは少ないと考えられる。

3.3 改善前の教室のヒートマップ

RSSIやSNRを可視化するために、地図や建物図面上に、RSSIやSNRのレベルに対応した色付けをする方法がある。レベルが低いのは涼しく感じる青色の方に、レベルが高いのは暑く感じる赤色の方に対応づけるので、このように色付けしたものは、ヒートマップと呼ばれる。

LCX無線LANの状況をさらに把握するために、米国のEtwork社のNetSpotというソフトウェアを用いて、2016年9月2日時点でのヒートマップを作成することにした。NetSpotは、ヒートマップ作成やWi-Fiスキャナなどの機能を有した無線LAN分析ソフトウェアで、macOS版とWindows版がある。電波の強さだけでなく、ノイズに対して電波がどれだけ強いのが、無線LANの評価として重要とされているので、ヒートマップはSNRについて作成するのが望ましい。しかしながら、次の理由で、SNRではなくRSSIについてヒートマップを作成することにした。本学の第一共

通棟の3階ではノイズは少なく、教室による差もないと推測される。加えて、世間では圧倒的にシェアが高いWindowsパソコンでは、パソコンに内蔵されている無線LANインタフェースで、OSのレベルで獲得できるのはRSSIのみでノイズは獲得できないようだからである。実際のところ、macOS版のNetSpotではノイズが測定できるが、Windows版のNetSpotではノイズは測定できない。いくつかのWi-Fiスキャナソフトを調べた限りでも、Windows用はノイズの測定ができず、macOS用はノイズの測定ができるという結果だった。

LCX無線LANのヒートマップとしては、いままでとりあげてきた303教室ではなく、306教室のヒートマップを作成した。ヒートマップの作成に使用したNetSpotは（大学の予算では購入が難しいオンライン販売の有償版ではなく）無料版で、同時に追跡できる無線LANアクセスポイントの電波の数に上限があり、4つの無線LANアクセスポイントがある広い303教室には不適だったからである。306教室は普通の広さの教室であり、無線LANアクセスポイントは2つで、無料版で十分ヒートマップを作成できる。

図5に306教室の前方の無線LANアクセスポイントの電波のヒートマップを、図6に306教室の後方の無線

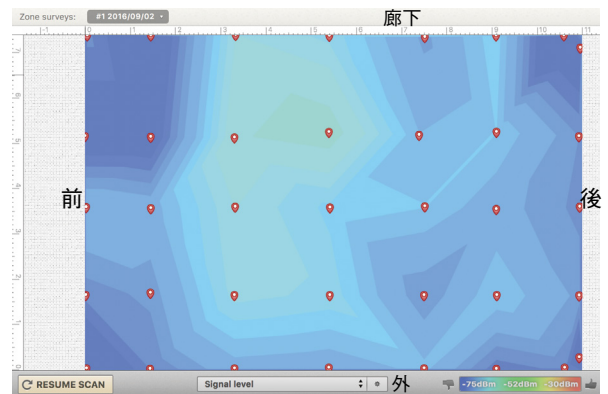


図5：2016/9/2の306教室の前方AP36ch (5GHz)のヒートマップ

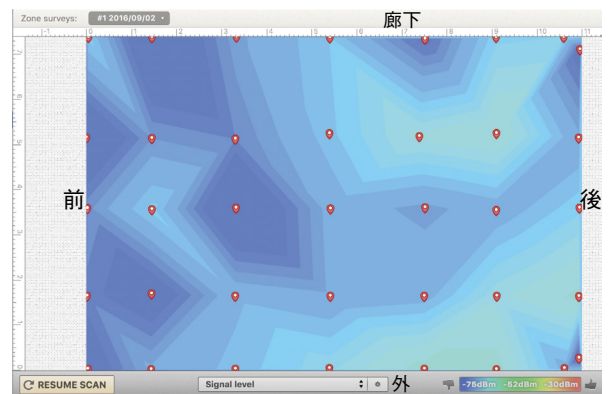


図6：2016/9/2の306教室の後方AP44ch (5GHz)のヒートマップ

LANアクセスポイントの電波のヒートマップを示す。306教室は、約7.4m×約11mの広さで、赤い点は筆者がRSSI（やSNR）を測定した地点である。測定するときは、NetSpotを動作させるノートパソコンを学生用机の天板の上において測定した。天井から机の天板までの距離は約2m30cmであった。学生用机がないところでは、机の天板と同じ高さにノートパソコンを支えて、測定した。

NetSpotは、測定地点のRSSI(やSNR)をもとに補間して、RSSI(やSNR)のヒートマップを作成する。筆者がNetSpotを調整して、寒く感じる青に対応する下限を-75dBm、暑く感じる赤に対応する上限を-30dBmに設定して、ヒートマップを表示させている。ヒートマップを作成するときに測定した一連のRSSIの最低値が-75dBmより少し大きい値、最高値が-30dBmより少し小さい値だったからである。色の上限と下限を、出現するRSSIの上限と下限に合わせれば、RSSIの値の変化を適切に表示できる。

敷設図を入手していないが、306教室ではLCXは図7の赤い線のように天井懐に敷設されていると推測される。赤い四角形は無線LANアクセスポイントの位置で、天井面近くで目視できる。いくつかのLCXのカタログでは、LCXから端末までの距離は最大5mぐらいまでとされていたので、前後で3等分したところの境界にLCXを配置するのが、典型的な考え方であろう。廊下と外の間で3等分するのは、前後で3等分より、LCXが長くなってしまい減衰が増えるので、良くない。実際には、この推測に一致するようにはなっていないかもしれないが、近づけるように努めて敷設されているはずである。

図5と図6を合わせてみると、前のアクセスポイントに接続されているLCXが教室の前半分の方を、後のアクセスポイントに接続されているLCXが教室の後半分の方をカバーしていることがわかる。図6の前から7.5m外から3.5m（赤い点でいうと、前から5つ、外か

ら3つの点)付近でRSSIが低くなっているのは、天井懐に遮蔽物となるものがあるのかもしれない。

比較のために、314教室の固定アンテナ無線LANのヒートマップを、図8と図9に示す。5G AUEWANと表示されているのは、NetSpotがRSSIの強度と傾きから推定したアクセスポイントの位置であり、天井面に実際に取りつけられているARUBA製AP-105の位置と全く同じではないが大きくはずれてはいない。RSSIの分布もアクセスポイントの配置を反映していて、2つのアクセスポイントが左上半分と右下半分を分担できている様子が、見て取れる。

図5が特にわかりやすいのだが、LCXの周辺に低いRSSIで電波が届いている。周辺から外れると、さらにRSSIは著しく低くなることから、マルチパスの影響はないと思われる。これが、LCX無線LANの特徴なのであろう。図8と図9をみると、固定アンテナ無線LANは、無線LANアクセスポイントある地点のRSSIがとても高く、無線LANアクセスポイントを離れるとRSSIは低下していくが、教室内のRSSIの最低値（黄緑色）は、LCX無線LANのRSSIの最高値（黄緑色に近い水色）より高い。

図5の前の方のRSSIが特に低いのは、図10に示す天井の厚い梁が原因だと思われる。梁の右側がLCXの

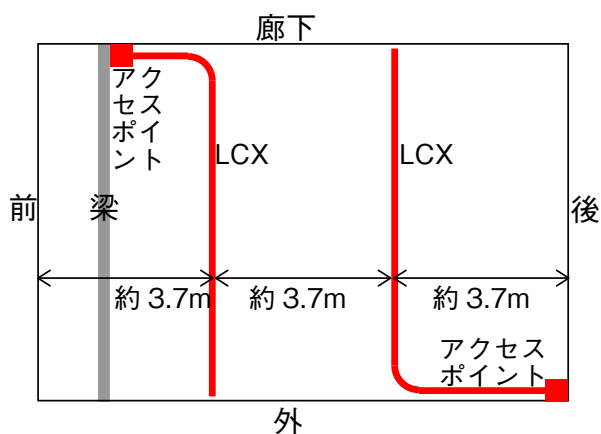


図7：306教室のLCXの敷設推定図



図8：2016/6/2の314教室の前廊下側AP124ch(5GHz)のヒートマップ

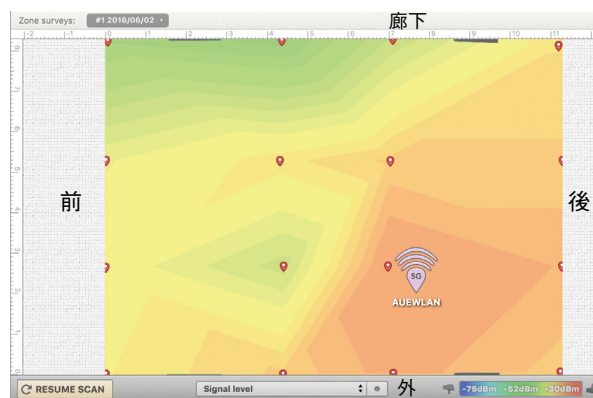


図9：2016/6/2の314教室の後外側AP132ch(5GHz)のヒートマップ



図10：306教室の天井の梁

ある方である。LCXがない梁の左側に対して、梁が遮蔽物としてどれくらい影響を及ぼしているかは、LCXが天井懐のどこに配置されているかに依存する。LCXが天井コンクリート面に近いところ（懐の上の方）に配置されているならば、天井面から突き出て見えている以上に、梁は高い遮蔽物として作用するからである。測定誤差があるかもしれないし、電波の減衰があるのでなんとも言えないが、図6の前方で、図5の同一地点より、RSSIが高い（明るい色）になっている場所があるのは、前方の机の天板から後方のLCXをみたときに、角度的に梁が遮蔽物になっていないからかもしれない。

4 改善後のLCX無線LANの性能

2016年9月5日に業者によるLCX無線LANの改善作業が行われた。無線LANアクセスポイントにおいて、送信出力を上げた、ガードインターバルの短縮とパケット集約の設定を行ったと報告を受けた。無線LANアクセスポイントの送信出力の設定は、具体的な送信出力の絶対値を指定するものではなく、5段階の数値1～5を指定するものである。ガードインターバル短縮は無線フレームを送る間隔を短くして、スループットを上げる技術である。パケット集約は1つの無線フレームの中に、複数のイーサネットフレームを含め、無線ヘッダ（無線LANに固有なヘッダ）の分の節約をして、スループットを上げる技術である。ガードインターバル短縮とパケット集約は、データが少ないセグメントが多く含まれる通信の場合に効果が期待できるもので、実効速度を測るテストのようなデータが多いセグメントを用いる場合には劇的な速度向上が得られるものではない。

4.1 改善後の教室のヒートマップ

2016年9月5日の夕方に測定した306教室のヒートマップを示す。図11は教室の前方のアクセスポイント



図11：2016/9/5の306教室の前方AP 36ch (5GHz)のヒートマップ

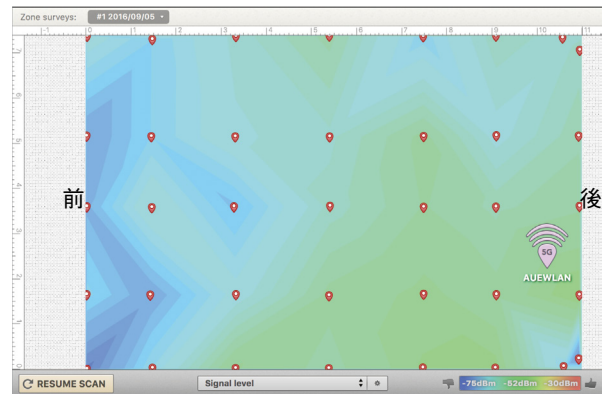


図12：2016/9/5の306教室の後方AP 44ch (5GHz)のヒートマップ

の分、図12は教室の後方のアクセスポイントの分を示す。

図5、図6と比べると、図11、図12は緑色がでてきているので、業者が説明したようにアクセスポイントの送信出力を上げたことが明らかにわかる。306教室のLCXのRSSIの最高値が、312教室の固定アンテナのRSSIの最低値の近くになっている。改善前は、LCXのRSSIは固定アンテナの足元にも及ばなかった。業者からは、9月5日に5段階のいくつにしたかの説明は受けていないが、ACERA810の出荷時設定は送信出力は5段階の最上の5であったものを、教室外に電波が漏れることを懸念して、納入時には送信出力を出荷時設定より下げていたことは聞いていた。LCXによる損失があるので、5段階のいくつであるかはあまり意味がなく、RSSIが測定できればそれで良い。LCXでは意味がないことであるが、RSSIの差が広がったためか、NetSpotがアクセスポイントを推定している。

4.2 改善後の実効速度

表3と表4に2016年9月7日の夕方に計測した実効速度を示す。表3は図1の環境で測定したもので、表4は図2の環境で測定したものである。夏休み中であることもあって、教室で無線LANを使用している者はいない。

表3：2016.9.7のLCX無線LANなどの実効速度
教室内のホスト間

教室とLANの種類	303教室 LCX 無線5/9	303教室 LCX 無線9/7	314教室 固定アンテナ 無線5/9
実効速度	18.5	59.3	89.7

(単位はMbps)

表4：2016.9.7のLCX無線LANなどの実効速度
教室外有線と教室内無線のホスト間

教室とLANの種類	303教室 LCX 無線5/9	303教室 LCX 無線9/7	314教室 固定アンテナ 無線5/9
実効速度	27.9	127.2	93.7

(単位はMbps)

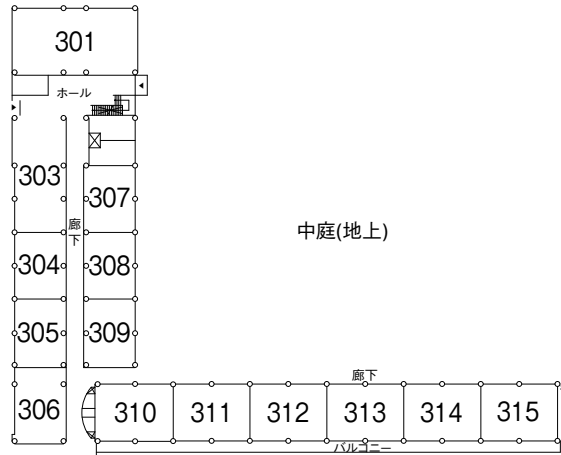


図13：第一共通棟3階平面図

教室内での無線LANホストどうし間の実効速度は約3倍に向上し、無線LANと有線LANのホスト間は約4倍に向上した。3倍と4倍の差は、測定誤差や実効速度のゆらぎによるものと推測される。無線LANと有線LANの間の実効速度は、インフラストラクチャーモードの影響を受けず、無線LANどうし間の約2倍になっていると推測される。LCX無線LANと有線LANの間の実効速度が100Mbpsを超えているのは、ACERA810の有線LANインタフェースが1Gbpsで接続されているからであろう。

先述のようにガードインターバル短縮とパケット集約が実効速度測定のようなケースで劇的な速度向上に関与しないならば、速度向上は送信出力を上げることによって得られたものである。

5 教室外への電波の漏れについて

2016年9月5日にLCX無線LANのアクセスポイントの送信出力を上げたが、他の教室への電波の漏れ具合はどうなっているのかを調べてみた。macOS版のNetSpotのWi-Fiスキャナ機能で、教室で感知できる無線LANの電波を、301, 303~315, 412教室で調べた。各教室の位置関係を図13に示す。412教室は、第一共通棟と向かいの建物の1階にある教室である。Wi-Fiスキャンを行った場所は、教卓から2列目の机の上である。303~309と412教室はLCX無線LAN（ベンダー名はFURUNOで5GHz帯のみ運用）、301, 310~315教室は固定アンテナ無線LAN（ベンダー名はArubaで2.4GHz帯と5GHz帯の運用）である。ここでは、307教室と312教室の状況について説明する。

図14に307教室のWi-Fiスキャンの結果を示す。macOS版のNetSpotを使用したので(RSSIではなく)SNRが高い順から出現するようにソートされている。上から4つの64チャンネルと60チャンネルが、307教室のLCX無線LANである。5番目と6番目は310教室の

固定アンテナ無線LANの2.4GHz帯の電波である。8番目と9番目は308教室のLCX無線LANの5GHz帯の電波であるが、-78, -79dBmとRSSIがとても小さいので問題がない。7番目は303教室の液晶プロジェクタの固定アンテナ無線LANインタフェースによるものである。308教室ではなく、307教室をとりあげたのは、固定アンテナの電波が5, 6番目と比較的高い方にみられ、固定アンテナの電波の漏れ過ぎの例を示したかったからである。

図15に312教室のWi-Fiスキャンの結果を示す。SNR

BSSID	Channel	Band	Security	Vendor	Mode	Level (SNR)	Signal
AUEWLAN 00:DD:1D:14:26:49	84,-1	5GHz	WPA2 Personal	FURUNO	n	-57	
EDUROAM 00:DD:1D:14:26:4A	95,-1	5GHz	WPA2 Enterprise	FURUNO	a/n	-57	
AUEWLAN 00:DD:1D:14:26:45	80,+1	5GHz	WPA2 Personal	FURUNO	a/n	-66	
EDUROAM 00:DD:1D:14:26:46	80,+1	5GHz	WPA2 Enterprise	FURUNO	a/n	-67	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:70:90	11	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-77	
EDUROAM D8:C7:C8:5E:70:91	11	2.4GHz	WPA2 Enterprise	Aruba	b/g/n	-77	
Proj9383... B4:EE:B4:89:6B:A9	8	2.4GHz	WPA2 Personal	ASKEY	b/g/n	-78	
AUEWLAN 00:DD:1D:14:26:51	44,+1	5GHz	WPA2 Personal	FURUNO	a/n	-78	
EDUROAM 00:DD:1D:14:26:52	44,+1	5GHz	WPA2 Enterprise	FURUNO	a/n	-79	
EDUROAM D8:C7:C8:5E:70:81	1	2.4GHz	WPA2 Enterprise	Aruba	b/g/n	-81	
EDUROAM D8:C7:C8:5E:70:81	8	2.4GHz	WPA2 Enterprise	Aruba	b/g/n	-84	
sakuma2 10:6F:3F:74:E8:4F	10	2.4GHz	WPA2 Personal	Buffalo	b/g/n	-85	
EDUROAM D8:C7:C8:5E:70:89	124,+1	5GHz	WPA2 Enterprise	Aruba	a/n	-85	
AUEWLAN 00:DD:1D:14:26:29	40,-1	5GHz	WPA2 Personal	FURUNO	a/n	-86	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:70:88	124,+1	5GHz	WPA2 Personal	Aruba	a/n	-85	
AUEWLAN 00:DD:1D:14:26:4D	36,+1	5GHz	WPA2 Personal	FURUNO	a/n	-81	
EDUROAM 00:DD:1D:14:26:4E	36,+1	5GHz	WPA2 Enterprise	FURUNO	a/n	-82	
sobue-lab 10:6F:3F:26:2F:84	6	2.4GHz	WPA2 Personal	Buffalo	b/g/n	-88	
ACE876C... 4C:E6:76:CB:85:8C	11	2.4GHz	WPA/WPA2 Pe...	Aruba	b/g/n	-89	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:70:80	6	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-88	
mitani-lab CC:E1:D5:20:94:C1	8	2.4GHz	WPA/WPA2 Pe...	Aruba	n	-88	
EDUROAM 84:D4:7E:CB:75:41	11	2.4GHz	WPA2 Enterprise	84:D4:7E	b/g/n	-90	

図14：307教室で感知できた無線LANの電波（上位22個）

BSSID	Channel	Band	Security	Vendor	Mode	Level (SNR)	Signal
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:67:78	124,+1	5GHz	WPA2 Personal	Aruba	n	-36	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:65:88	108,+1	5GHz	WPA2 Personal	Aruba	a/n	-38	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:67:70	1	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-48	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:65:80	6	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-50	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:67:80	11	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-57	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:67:88	132,+1	5GHz	WPA2 Personal	Aruba	a/n	-55	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:64:D0	1	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-57	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:64:D8	52,+1	5GHz	WPA2 Personal	Aruba	a/n	-50	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:65:08	100,+1	5GHz	WPA2 Personal	Aruba	a/n	-60	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:68:20	1	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-65	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:68:28	44,+1	5GHz	WPA2 Personal	Aruba	a/n	-66	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:65:00	6	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-68	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:69:30	6	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-68	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:6C:A8	80,+1	5GHz	WPA2 Personal	Aruba	a/n	-78	
nihongo222 10:6F:3F:0D:42:18	11	2.4GHz	WPA2 Personal	Buffalo	b/g/n	-82	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:69:38	116,+1	5GHz	WPA2 Personal	Aruba	a/n	-79	
James's G... 26:3C:13:EB:E1:A0	6	2.4GHz	WPA2 Personal	26:3C:13	b/g/n	-86	
Venema... 24:A2:E1:EB:13:3C	6	2.4GHz	WPA2 Personal	Apple	b/g/n	-86	
EDUROAM 84:D4:7E:CB:75:41	11	2.4GHz	WPA2 Enterprise	84:D4:7E	b/g/n	-87	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:6C:A0	11	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-87	
AUEWLAN D8:C7:C8:5E:70:80	1	2.4GHz	WPA2 Personal	Aruba	b/g/n	-87	
sobue-lab 10:6F:3F:26:2F:84	6	2.4GHz	WPA2 Personal	Buffalo	b/g/n	-88	

図15：312教室で感知できた無線LANの電波（上位22個）

が高い順から出現するようにソートされている。上から4つの124, 108, 1, 6チャンネルが、312教室の固定アンテナ無線LANである。5番目以下は隣などの他教室の固定アンテナ無線LANの電波が続いている。5~9番目はRSSIが-60dBm以上なのでバッファロー社の目安でいえば不安定ではないことになり、期待していないところまで電波が届いてしまっている典型的な例である。

紙面の都合で2つの教室の状況の説明に留めたが、他の教室を含め全体としては、RSSIは、LCXは漏れていても問題にならないレベル、固定アンテナは漏れ過ぎであることがわかった。周りが固定アンテナ無線LANの教室である図15のLevel (SNR) の棒グラフの幅が大きくて、他教室の固定アンテナ (Aruba) が多く出現している。一方、周りがLCXの教室である図14のLevel (SNR) は棒グラフの幅は小さめであり、他教室のLCX (FURUNO) の出現は少ない。

図13に示す第一共通棟に接している中庭 (の中庭と記している地点あたり) において、Wi-Fiスキャンを行い、教室からの無線LANの電波が到達しているか、調べて見た。SNRの高い方が上にくるようにソートして、上位33番目以内(スクロールしないでみえる範囲)には、LCX (FURUNO) のアクセスポイントは見つからなかった。33番目のRSSIは、-84dBmであった。33番目以内に、固定アンテナ (Aruba) は出現していた。このことから、LCX (FURUNO) は、電波を不必要に遠くに飛ばしていないと考えられる。

6 まとめ

本学LCX無線LANの不調をきっかけとして、いくつかの手段を用いて、LCX無線LANの評価を行った。LCX無線は、アンテナの役割をしているLCXから電波が遠くまで飛ばないという利点があるが、送信出力を絞り過ぎると、RSSIが低くなり安定した接続ができなかったり、実効速度が遅くなる。天井懐にLCXを配置するよりも、机の天板の下にLCXを配置できるのであれば、距離による電波の減衰が少なく、より好ましいと推測される。天井の厚い梁による電波減衰の影響もなくなる。

固定アンテナは、電波が部屋の外に不必要に漏れ、盗聴による情報漏洩の可能性が心配されることはもちろんのこと、他の部屋の無線LANの電波と干渉するといった公害ともいえる事態を招くことに留意しなければならない。

棚や衝立などの遮蔽物の間に利用者がいたり、L字型のような見通しの悪い部屋の場合は、固定アンテナでは電波が届かない箇所が発生するため、確かにLCXが向いている。共通棟の教室のように遮蔽物がない長方形の部屋の場合は、電波漏れの問題を除けば、LCX

のコストや敷設のコストを考えると、LCXである必然性は薄れると筆者は考えている。LCXの定価(税抜)は、バッファロー社のコネクタと終端抵抗が付いた製品で、10mで約9万5千円、20mで約14万円、30mで約19万円と決して安くはない。電波漏れやマルチパスの問題は、固定アンテナであっても、ビームフォーミングを備えた無線LANアクセスポイント(とビームフォーミングに対応した端末)を用いるならば、送信出力を厳密に管理して抑えればある程度解決できるかもしれない。LCXほど問題が解決できなくても、対費用効果の点で、ビームフォーミングを備えた無線LANアクセスポイントを調整する方に分があるか否かを、今後、機会があれば実験で確認してみたい。

参考文献

- [1] 杉山智則, 後藤幾, 野田敬介: 金属構造物の多い製鉄所で安定した通信を可能とする漏洩同軸ケーブル方式無線LAN, 東芝レビュー, Vol.64, No.11, pp.43-48 (2009).
- [2] 松下尚弘, 杉山智則, 柳沼順: 漏洩同軸ケーブル方式無線LAN, 東芝レビュー, Vol.58, No.11, pp.41-44 (2014).
- [3] 塚本悟司, 俣亜飛, 鈴木文生, 丹羽敦彦: LCX (漏えい同軸ケーブル) を用いたLANシステム, 通信ソサイエティマガジン, No.38, pp.86-91, 秋号 (2016).

(2017年9月25日受理)