Wi-Fiをもっと知ろう

北摂SITA　8月度勉強会

2021年8月14日

Nm-Takatsuki

1. Wi-Fiとは

国際標準規格であるIEEE 802.11に準拠し微弱電波を使用したLANシステムのことです。 末尾の参考資料参照

世代	規格名	新名称	最大通信速度	周波数
1997年	IEEE 802.11		2Mbps	2.4GHz帯
1999年	IEEE 802.11b		11Mbps	2.4GHz帯
	IEEE 802.11a		54Mbps	5GHz帯
2003年	IEEE 802.11g		54Mbps	2.4GHz帯
2009年	IEEE 802.11n	Wi-Fi 4	600Mbps	2.4GHz帯/5GHz帯
2013年	IEEE 802.11ac	Wi-Fi 5	6.9Gbps	5GHz帯
2019年	IEEE 802.11ax	Wi-Fi 6	9.6Gbps	2.4GHz帯/5GHz帯

11acと11axの間に11adがある。11adは60GHz帯のみで非常に高速で通信が可能ですが市場性は殆どない。

2.4GHz帯と5GHz帯夫々複数のチャンネルが割当られている。
これにより親機が隣接する場合に異なるチャンネルを使用することで通信速度を維持する事ができる。同じチャンネルを隣接する親機で使用する場合は時分割で電波を使用するため通信速度が低下する。
注）隣接とは向こう三軒両隣裏三軒程度の距離を言う。

2.4GHz帯

右図のように14のチャンネルがほぼ5MHz間隔で設定されている。
実際には電波はある帯域幅（中心周波数±10MHz）を持って放射されるため例えばch1とch2を隣接して使用すると影響がある。従て実際に使用できるチャンネルは1，6，11，14の4つとなります。海外製の親機ではch12から上は無いものが多い。Ch14は穴場とも言えるが後述するデメリットもあります。

5GHz帯

多数のチャンネルが割り当てられている。各チャンネル間隔は20MHzありチャンネル間の混信の心配はない。
屋外での使用については取扱い説明書参照。
気象レーダーの影響を受けて通信が制限されることがあります。

2.4GHz 帯のチャンネルと周波数	
ch 1: 2412MHz	ch 8: 2447MHz
ch 2: 2417MHz	ch 9: 2452MHz
ch 3: 2422MHz	ch10: 2457MHz
ch 4: 2427MHz	ch11: 2462MHz
ch 5: 2432MHz	ch12: 2467MHz
ch 6: 2437MHz	ch13: 2472MHz
ch 7: 2442MHz	ch14: 2484MHz

2. Wi-Fiが遅い時の対策

2-1）回線速度はどの位必要か

ネット記事では種々の数値が記載されていますが、おおむね右の表の値が見られます。
ゲームをしないのであれば30Mbps確保できれば十分とも言えます。

「Wi-Fiが遅い」と一口で言っても、常に遅い、時々遅い、たまに遅い、時に切れるなど状態は種々様々です。以下その対策を記載します。

メール	1Mbps
ブラウジング	10Mbps
ZOOM（グループ）	1.2Mbps（注）
動画視聴	20Mbps （4K/8K：25/80Mbps）
ゲーム	60Mbps

注）ZOOMのサポートページ記載値、ネットでは20～30Mbps必要との記事が多い。

2-2）親機と子機の規格・仕様が異なる

親機と子機の規格が異なる、アンテナ本数が異なるなどがあると期待した速度が出ないことがあります。

2-3）パソコンの性能

起動に5分以上を要する、ハードウエアに問題がある場合などではネット接続が不安定になることがあるようです。

2-4）ネット回線の速度

Wi-Fiが遅いと言ってもネット回線以上の速度にはなり得ません。まずは契約速度を確認ください。契約速度はベストエフォート値（最良値）ですので混み合う時間帯は速度が落ちます。
又、回線に依ってはダウンロードは早くとも、アップロードは10Mbpsに制限されている場合もあります。

回線速度は平日であれば始業前、昼食時、定時前から23時頃までが混雑すると言われています。

上図はとある火曜日と土曜日の日中の回線速度測定結果です。（Wi-Fi不使用）
縦軸は回線速度、横軸は時刻、測定間隔は10分、測定方法は付録1による。

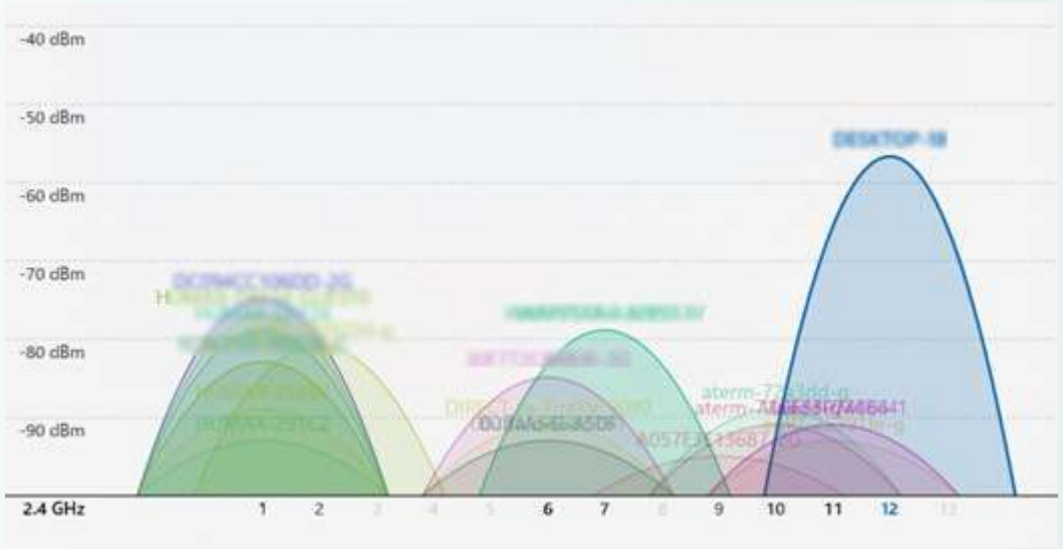
2-4-1）ネット回線速度の向上策

ネット通信規約は以前はIPv4でしたが現在はIPv6が標準になっているようです。IPv4からIPv6に変更することで回線速度の向上が期待できます。契約金額には関係しないようです。
変更はルーターの設定変更で可能な模様です。（取扱説明書などで確認ください）

2-5）Wi-Fiの改善

1．項の表に各規格別の最大通信速度を掲載していますが、実力としてはその数分の1程度との記事もあります。

Wi-Fiの状態を確認するツールとして、Windows StoreにWi-Fi Analyzer なる無料のアプリがあります。スマホ版もあります。画面例を下記



2-5-1）電波強度の確認

電波が弱いと通信が不安定になる事は良く知られていますが、どの程度の強さがあれば良いのでしょうか？　付録2から－60dBmは確保したい所です。
注）数値の頭にマイナスが付いていますので、数値が小さいほど電波が強い事になります。

電波は空中を目に見えずに飛んでいますので、その性質につて知っておくと対策に役立ちます。詳しくは付録4を参照ください。簡単に言えば、水及び水分を含んだもの又金属が親機と子機の間に無い事が好ましい。

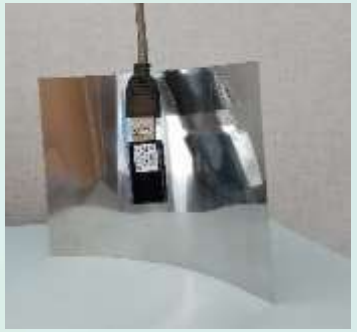
もし電波が弱い場合、子機の位置などを調整、その後親機の位置などを調整、そしてこれを繰り返す。　下記は子機の位置調整例です。（親機は1階、子機は2階、2.4GHz帯）

デスクトップ裏面取付子機（部屋の隅）
電波強度：
−75～−65dBm

電波強度の強い所を探索中。子機を手で持つと電波が弱くなりかつ安定しない。

親機の位置などを調整後再度子機位置を調整。壁面に棚受け金具で固定。
電波強度：
−47～−55dBm

金属ボウルを試す。直径（波長の10倍程度欲しい）不足か効果不明。固定に難あり。



金属反射板を試す。電波強度が2～14dBm改善するも固定に難あり不採用。

ノートパソコンでは設置位置を種々変えてみて最良点を探ります。

親機は部屋の中央で高さ2m位の場所が良いそうですが実現は難しそうです。
向きを変えたり、寝かしたり起こしたりと種々トライしてみましょう。電気製品の近くは避けた方が良さそうです。
親機や子機にアンテナが出ている場合は、その向きを種々調整する。
親機に反射板を取り付けると効果があるそうです。https://allabout.co.jp/gm/gc/462224/参照。
この方法はご家族の理解が必要ですね。

電波強度が必要以上にある場合は、セキュリティ面及びご近所迷惑を避けるため出力を下げることをお奨めします。電波強度の自動調整機能がある親機もあります。

2-5-2）チャンネルの確認

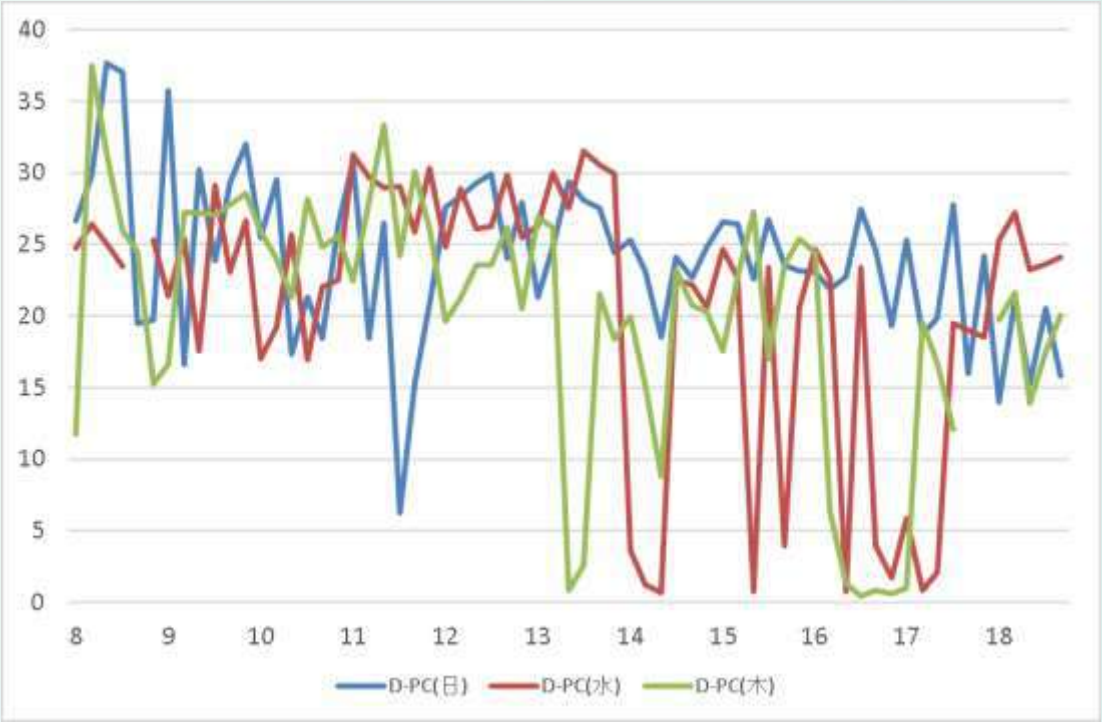
5GHz帯は比較的空いていますので余りこの問題は無いのですが、2.4GHz帯は各種家電製品他がWi-Fiを使用するようになってきて相当混んでいます。Wi-Fi Analyzer で確認してください。

チャンネルは電源投入時に自動的に空いているチャンネルを選択するようになっています（オートチャンネル）が、常時電波を出さない親機がある、使用しない時は親機の電源を切っている方がおられるなどで一見空いているように見えても混んでいる場合もあります。
定期的に空いているチャンネルに変更する機能を持った親機もあるようです。

チャンネルは手動設定が可能ですので状況を見て変更してみてください。

2-5-3)ノイズの影響(2.4GHz帯)

右図は付録3の方法で回線速度を計測した例です。図のように時折異常に回線速度が低下する場合はノイズの影響が疑われます。回線速度が極端に低下するとWi-Fiが切れます。
以下幾つかのノイズ源について記載します。



縦軸は回線速度、横軸は時刻、測定間隔は10分、
2.4GHz帯　とある日、水、木曜日に付録3の方法で測定。

(1)電子レンジ
ネットで「Wi-Fiが繋がらない」等を検索すると良く電子レンジの影響が記載されています。電子レンジの近くに親機・子機は置かない方が良い。又親機と子機を結ぶ直線からは離した方が良い。電子レンジは頻繁に使うものでは無いのであまり気にする必要はないかも知れません。

電子レンジの周波数は2450MHz(2.45GHz)で2.4GHz帯のチャンネル8と9の間になる。但し、中心周波数の左右にある程度の輻射があるので、影響が疑われる場合は、ch1又はch14をお試しください。
https://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/0811/04/news011_2.html

(2)コードレス電話
コードレス電話には幾つかの方式がありデジタル方式はWi-Fiの2.4GHz帯と殆ど同一の帯域を使用しています。DETC方式は1.9GHz帯を、アナログ方式は別の周波数帯域を使用しています。
デジタル方式との干渉を避ける(低減)させるには:
Panasonic＞電話機＞よくあるご質問＞デジタルコードレス通信での電波干渉についてには
「3m以上離す」「2.4GHz帯で一番低い周波数帯域のチャネルに設定する」との記載があります。

(2)USB3
可能性は低いと思われますが、USB3がノイズ減となる事があるそうです(2.4GHz帯のみ)
参考資料:https://www.phileweb.com/review/column/201912/19/911.htm

ノイズ源は自宅又近隣に多数あって簡単に手に入るもので検出できません。
種々トライするより方法は無いようです。

2-5-4)MTU値の変更

回線で一度に送るデータ量とPCが送るデータ量のサイズを合わせると無駄がなくなり通信速度の向上が期待できます。詳細は付録5を参照。
右図は変更前(点線)と変更後(実線)各3回の測定結果。若干悪化している様にも見えますが・・・

測定方法は付録1による。縦軸は回線速度、横軸は時刻、10分毎に測定。2.4GHz帯使用。

3. それでも満足できない時は

3-1）その他のチェック項目を調べてみる

下記サイトに多数のチェック項目がリストされています。

https://qiita.com/KEINOS/items/33ad0fbc3b06843d9992

3-2）親機・子機が古い場合は新しいものを購入して試してみる

3-3）中継器を試してみる

最近Wi-Fi中継器を電気店やネット記事でよく見かけます。導入に当たっては中継器を適切な場所に設置できるか等が課題でしょう。

https://www.buffalo.jp/product/detail/wex-733dhp.html

3-4）既存の屋内配線をLANケーブルの代わりにする

（1）PLC

電灯線にLAN信号を乗せる装置です。評価は色々（環境の影響を非常に大きく受ける）

https://pctrouble.net/network/plc.html

（2）同軸モデム

家庭内のTV配線にLAN信号を乗せる装置です。子機間通信機能のあるものもある。ケーブルTV信号と競合する事があるので注意が必要。

https://www.iptvforum.jp/whats_iptv/cabling/coaxial_cable.html

４．比較的新しい技術

（１） SU/MU-MIMO（Multi-Input Multi-Output） 11n（Wi-Fi4）、11ac（Wi-Fi5）

・SU（Single User）-MIMOは11n（Wi-Fi4）で、M(Multi)U－MIMOは11ac（Wi-Fi5）で規格化されたものです。
・複数の送受信アンテナを用いて通信の高速化を図ったものです。
・パッケージに「3×３」と書いてあれば送信アンテナ３本、受信アンテナ３本の意味です。
・アンテナの本数のことをストリーム数とも言います。本数に比例して通信速度が向上します。
・複数の子機と同時に通信要求があった場合、SU-MIMOでは順次切り替え（速度が低下する）、MU-MIMOでは同時に通信します。

（２）メッシュWi-Fi

・サテライトルーターと呼ばれる中継器を用いる方式です。
・このルーターは中継器と似てはいますが、最大の特徴は親機と同じSSIDで接続できることです。
・このルーターは複数個設置する事ができます。
２階建てでは１階に親機、２階にサテライトルーター1台で十分でしょう。

（３）チャンネルボンディング 11n（Wi-Fi4）

・11n（Wi-Fi4）で2つのチャンネルを同時に使用することで回線速度を２倍に広げた。
2.4GHz帯はチャンネル数が少ないので現実的には5GHz帯向け。
・11ac（Wi-Fi5）では、4、8、16といったチャンネルを束ねられるようになった。
但し、混んでいる場合は通信しにくくなる恐れがある。

（4）パケット集約

・11n（Wi-Fi4）で採用された複数のパケットを集約して送る方法。全体的な速度は向上するが
パケット間隔が広がる事もあるので音声などのリアルタイム性が要求されるものには不向き。

（5）ビームフォーミング

・複数のアンテナを使用すると複数の方向に強く電波を送る事ができる。どの方向に子機があるか判別できるので子機のある方向に集中して送受信できる。
子機側からも親機方向に集中できる。

終わり

付録

付録1 ネット回線速度測定

「Speed test」で検索すると多数の測定サイトがヒットします。回線速度の時間推移を見ようとすると手動では限界があります。以下の方法で自動的に回線速度データが取得できます。

以下にwgetを使って所定時間毎に回線速度を計測記録する方法が掲載されています。応用版がいくつかアップされています。 https://www.odorikoblog.net/entry/speedtest/
一般のスピードテストサイトでの測定方法と異なり、特定のサイト上の画像ファイル（変更可能）をダウンロードする時間を測定している。

これで計測される値(速度)の２～３倍が一般の測定サイトで測定した場合表示されるようです。特定のサイトに依存する課題がある。

上記の応用版で複数のサイトのデータを取込む方法が以下に記載されていますが、後処理が大変です。http://kghr.blog.fc2.com/blog-entry-26.html

注、httpsサイトを使用する場合は別途変更が必要な模様。

付録2 Wi-Fiに必要な電波強度は

Wi-Fiの電波強度は下記より−60dBm以上あることが好ましいと考えられます。

「無線環境が安定するRSSI強度（電波強度）はどの程度ですか」によると;

https://www.buffalo.jp/support/faq/detail/1838.html

−30dBm〜−40dBmで無線接続が安定します。

−60dBm以下は、無線接続が不安定になる場合があります。

「Wi-Fi電波強度と、その重要性とは？」によると;

https://www.netspotapp.com/jp/wifi-signal-strength-and-its-impact.html

−67dBm　非常に良好　　IPストリーミングビデオの音声利用に十分な電波強度です。

−70dBm　使用上問題なし　この電波強度がデータ使用にあたっての最低限の数値です。

−80dBm　不良　　最低限の操作はできますが、適切な動作が行えず安定さに欠けます。

「スマホ版Wi-Fi Analyzerの電波強度メーター」では:

−100〜−87dBm:灰色　−87〜−60dBm:黄色　−60〜−40dBm:緑色

電波強度を変えて付録3の方法で速度を測定した結果を右表に示します。（10分毎に約11時間）さらに電波を強くしてもほとんど変わらなかった。

電波強度[dBm]	−70程度	−55程度
平均速度[Mbps]	26	39

10分毎に約11時間測定した結果

付録3 Wi-Fi回線速度測定

付録1の方法ではWi-Fi＋ネットの回線速度が測定可能ですが、とかく問題の出やすいWi-Fiのみの回線速度を計測する方法としてネットワーク帯域幅と実効速度を測定するためのツールであるipref3を使用しました。https://chateau-vulpes.com/entry/iperf
注）Wi-Fi親機にLANケーブルで別のPCを接続する必要があります。

iperf3を動かし、その結果をファイルに出力するバッチファイルを下記します。iperf3の出力には多数のデータが含まれていますが、その中の一行だけを取り出しています。

iperf_Cliant-Start.bat

```
iperf3.exe -c 192.168.Z.X >>iperf-Data.txt
set /p x=%time%<nul >> %date:~0,4%-%date:~5,2%-%date:~8,2%.log
findstr receiver iperf-Data.txt >> %date:~0,4%-%date:~5,2%-%date:~8,2%.log
del iperf-Data.txt
```

上記が動くとコマンドプロンプト画面が出るので以下のバッチファイルを動かし、コマンドプロンプト画面が出ないようにしています。（これでもほんの一瞬だけ出る）

iperf-RunWhide.vbs

```
Set ws = CreateObject("Wscript.Shell")
ws.run "cmd /c iperf_Cliant-Start.bat", vbhide
```

iperf-RunWhide.vbsをタスクスケジューラ―に登録して所定時間毎に動かしデータを収集しました。

付録4 電波の伝搬に影響するもの

（1）電波の伝搬に影響を与えるもの

水：電波を吸収する。電子レンジはこの性質を利用したもの。人体はほぼ水。
湿気を帯びたものもその湿り具合に応じて電波を吸収する。
5GHzは2.4GHzに比べて2倍位減衰（弱くなる）すると推察される。

金属：電波を反射（遮蔽）する。パラボラアンテナは反射を利用したもの。
金網はその目の大きさが波長に比べて小さい時には金属板と同じ効果がでる。
波長[m]=300÷周波数[MHz]　Wi-Fiで使われる2.4GHzでは約12.5cm。
金属の棒はその長さによっては、電波に共振し周辺に影響を与える。（例：TVアンテナ）

補足：電波は基本的には直進するが、端部では回り込みが発生する。回り込みの量は周波数が高くなるほど小さくなる。結果5GHzの方が2.4GHzに比べて障害物による電波の減衰が大きくなる。

（2）一般家庭でWi-Fi電波の伝搬に影響を与えるもの

影響大：断熱材（断熱材の周りをアルミ薄板で覆ったものがある）、大型テレビ、
鏡（裏面に金属膜を蒸着）、床暖房、水槽

影響中：風呂場の壁面、雨中の外壁、金属のラック、打設後数週間以内のコンクリート

影響小：コンクリート内の鉄筋、湿気を帯びた建具、椅子の足などの金属棒(パイプ)

但し、金属の棒類はその長さが波長の1/4倍、1/2倍、整数倍の場合は影響が中となる。

（3）親機・子機から周辺物はどの位離せばよいか

https://www.melsc.co.jp/business/wireless/swl30/notes.html

では、「アンテナは周辺の金属やコンクリート、水分を含む木材などの障害物から30cm以上離して設置してください。」とあります。（2.4GHz帯：n/g/b/aの帯域）

https://www.mmc.co.jp/adv/dev/japan/document/antenna/antenna07.html

では5cm以上離せば影響はほぼ無い（430MHz）

Wi-Fi機器メーカーは部屋の中心で高さ2m程度の場所が理想的といっていますが、現実的ではなく、上記に拘らずに設置場所を電波強度や回線速度などを見ながら調整すれば良いと思われます。

付録5　MTU値について

MTU【Maximum Transmission Unit】とは、通信機器（ここではネット回線）などが一度に送信できる最大のデータ量のことで、回線のMTU値と機器側のMTU値の差があると無駄が発生し通信速度が遅くなる。
https://www.odorikoblog.net/entry/mtu-setting/

契約中の回線のMTU値は　http://www.speedguide.net/analyzer.php 3　に接続すると接続回線のMTU値が表示される。Win10の場合は、MTU初期値は1500

回線のMTUとPCのMTUに違いがある場合は、PCのMTU値を回線のMTU値に合わせる。
方法は：https://bepokuma.com/mtu-optimum-value/を参照

参考資料

1）Wi-Fi領域における規格　規格の変遷
https://www.nic.ad.jp/ja/materials/iw/2019/proceedings/s14/s14-komiya.pdf

2）LANケーブルについて
・規格　https://net-wiki.net/net/6685
・ストレートとクロスがありますが特殊な場合を除いてストレートを使います。
・自作方法はこちらhttps://www.sanwa.co.jp/lan/cate6ehow.html工具やケーブルテスターなどをセットにしたものが数千円位から出ています。
・屋外へ引き出す場合は、エアコンの穴を使うのが良さそうですが、次のサッシ隙間を通す方法もあります。https://www.elecom.co.jp/products/LD-VAPFSV05.html耐久性はそれほど高くない模様。