

チュートリアルDay

Wi-Fiの混雑に向き合う基本的知識とオフィスWi-Fi提供時の課題

Internet Week ShowCase in Sendai 2019-05-30

この資料の目的

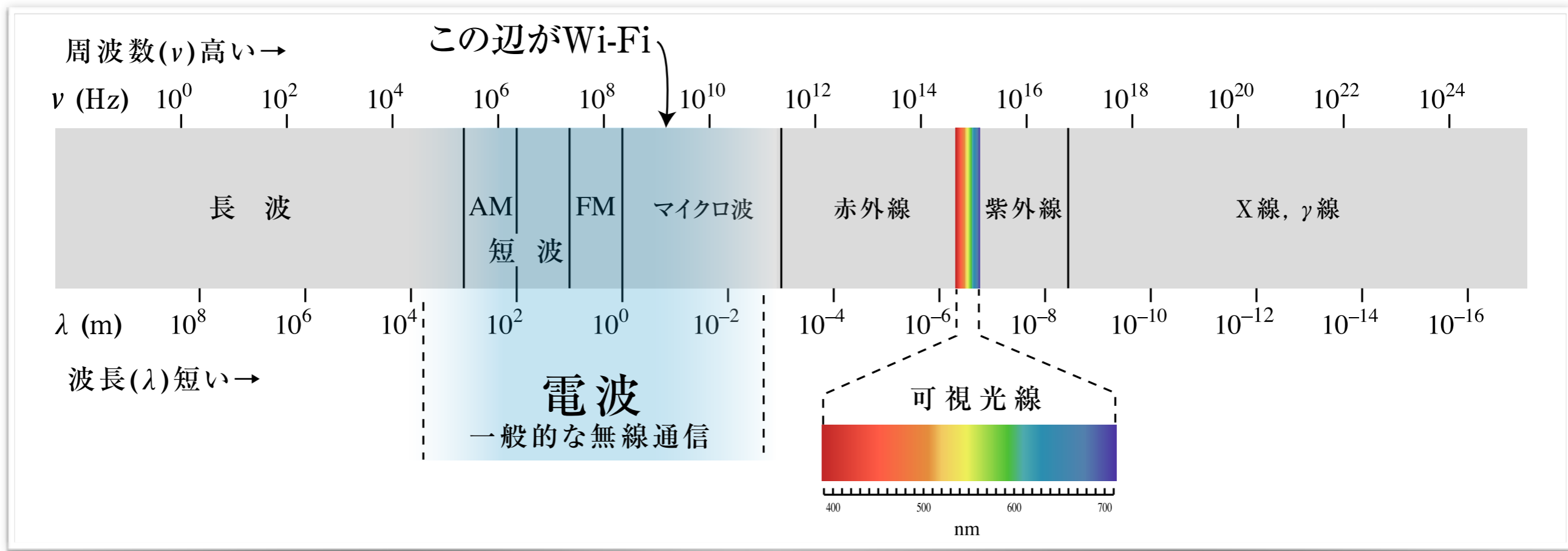
- ・ 混雑解消 ～電波とはなんなのか～
- ・ オフィスや公衆 WiFi 設計サンプル
- ・ トラブルシューティングに使える機材と読みかた

無線LANの特徴

- ・ **操作に免許不要**
 - ・ **安価**
 - ・ **不安定**
 - ・ 他人の電波干渉源を排除できない
 - ・ 故意の妨害は、**その行為自体は違法でないこともある**
 - ・ **セキュリティ**
 - ・ 他人が何をしているかよくわからない
- ・ **リソース(電波)が国に管理されていない**
 - ・ よそからの電波による干渉など、解決できない問題もある

安定運用が難しい
のに社会インフラ扱い

電波ってなに



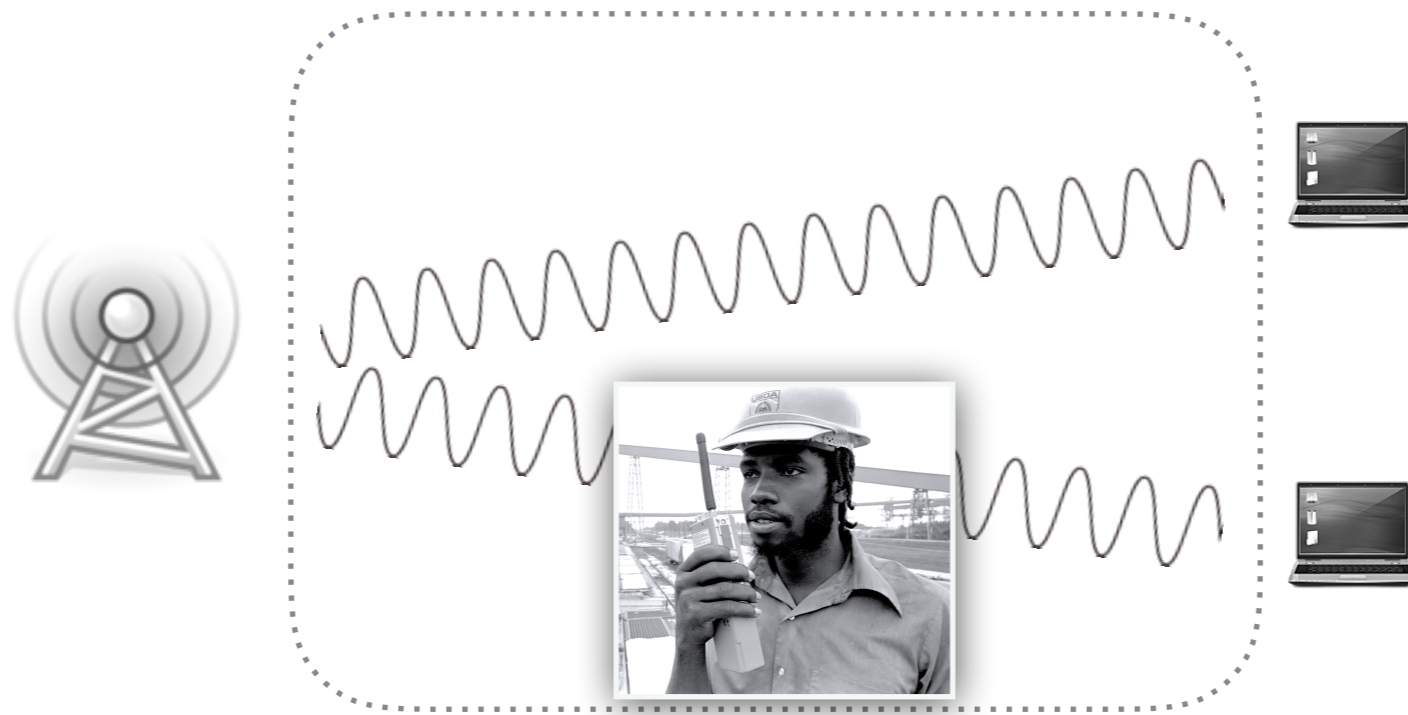
電磁波と周波数

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg

- ・ 電波と呼ばれる範囲はけっこう広い
- ・ 耳では聞こえない・音波は別のもの(音は空気の弾性波)

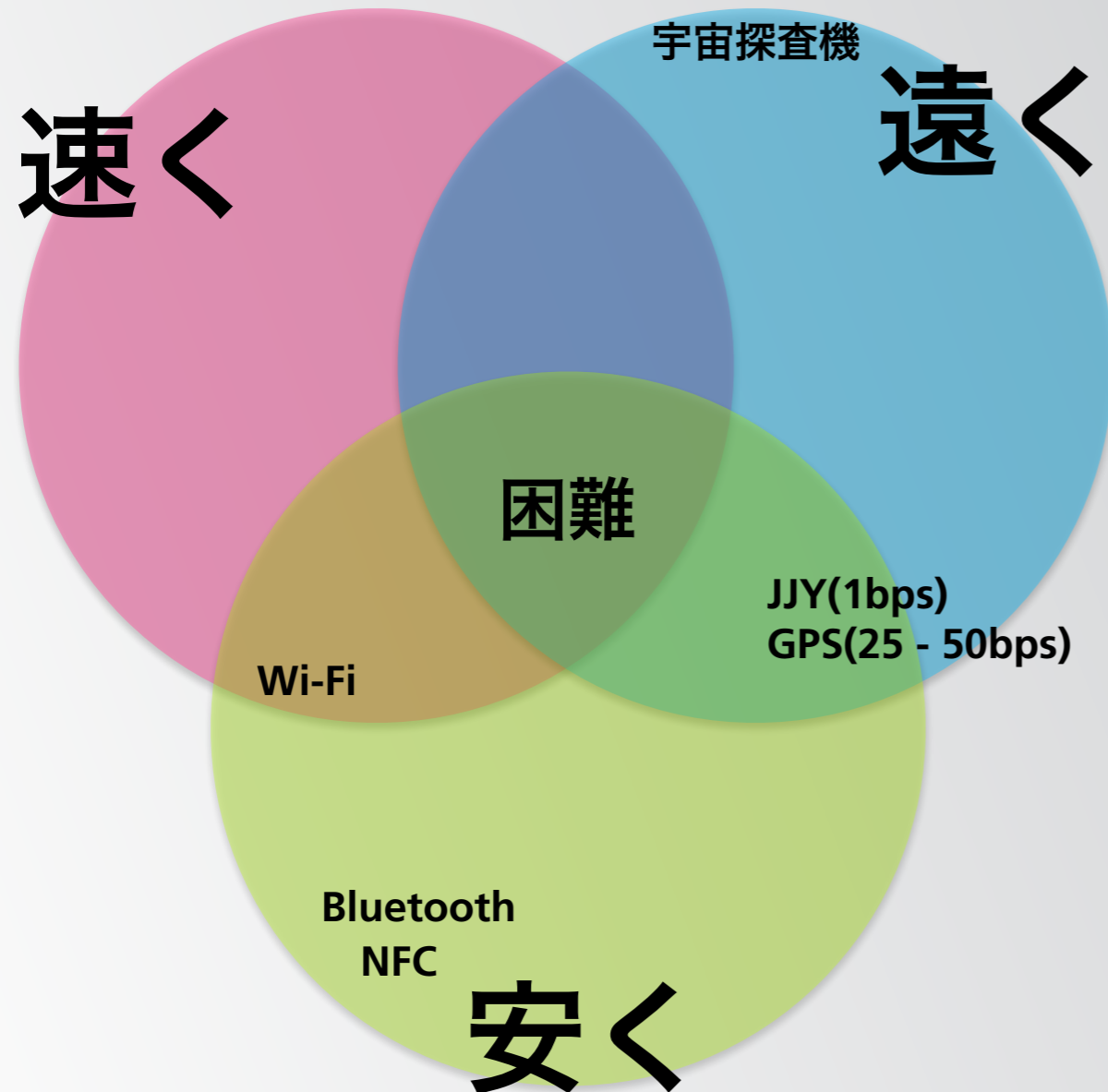
伝送媒体としての電波

- **空間を媒体とする共有メディア**
 - 空間だから共有せざるを得ない
 - まったく別規格の無線通信でも、ノイズでも共有
 - 品質が予測しにくい
 - 究極品質の無線通信は、送信機と受信機をシールドされた媒体で接続 (有線通信)
- **半二重通信「こちらは～です、どうぞ」が基本**



伝送媒体(空間)

速く・安く・遠くまで



速く \leftrightarrow 遠く は両立できない

シャノンの定理

・ 通信路容量の限界はチャンネル幅と信号品質で決まる

フリスの伝達式

・ 同じ周波数なら信号強度は距離自乗に反比例

安くなると

- ・ 誰でも使える小さな設備(低性能)
- ・ 自分と関係ない信号（ノイズ）が増える

→ 信号品質の低下

物理的に接触しなくても情報が取得できる

受信してみないとそれが何の情報なのか分からない（受信行為**自体**の法規制が不可能）

周波数(Hz)と性質

| | 周波数 | |
|-------|-------------|----------------|
| | 低 | 高 |
| 波長 | 長い | 短い |
| アンテナ | 大きい | 小さい |
| 飛び方 | 障害物を貫通 | 障害物に反射/吸収 |
| | 導体、水分を貫通しない | |
| 飛び方 | いろいろある | 光っぽい 直進性が高い |
| 通信路容量 | 小容量 | 大容量 |
| 指向性 | 作りにくい | 作りやすい |
| 減衰 | 小 | 大 |

無線LANはこのあたり

光として考える



なんとなく光に近い特性があるので
電波を光に見立ててイメージする。
無線アクセスポイントは電球。

光として考える



効率を考えると、カサがあったほうがいい
上方への光は無駄だし、よそに干渉する

光として考える



使いたいところが決まっていれば、
スポットでビームにするのが一番よい
強力なうえ、干渉も防げる

光として考える

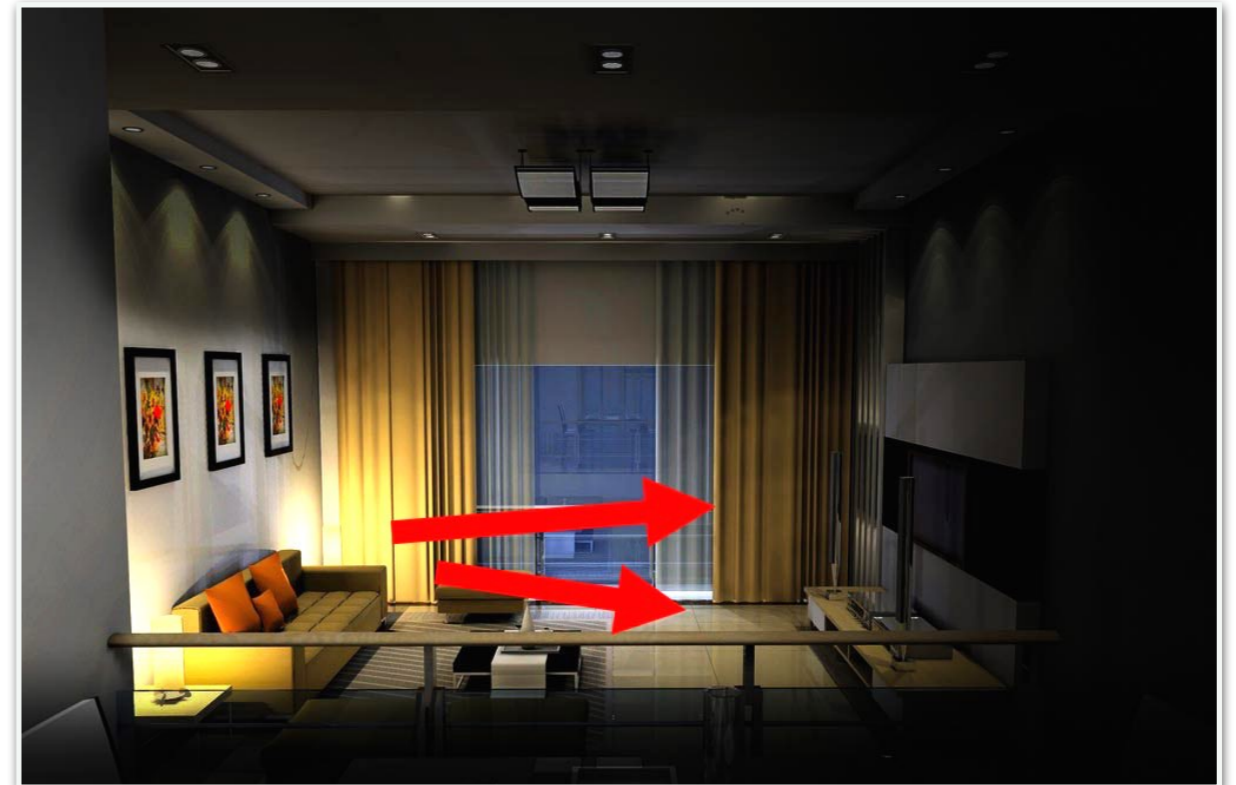


- ・ 電球はすべて同じものだとしても、明るさはかなり変わる
- ・ カサやスポット器具自体に、電球の電力を高める効果はない
四方八方へ散らばっているエネルギーを狭い方向へまとめるだけ
- ・ アンテナも、アンテナの指向性が電力を増幅することはない
アンテナのゲインはエネルギーを狭い範囲へ集中させた結果の利得

光として考える



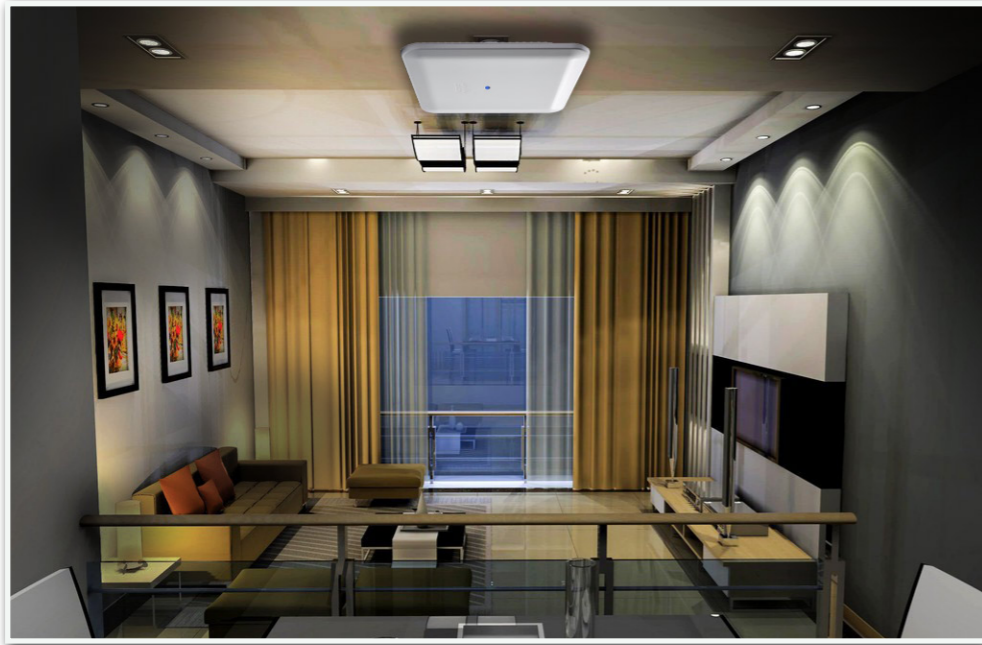
天井の照明



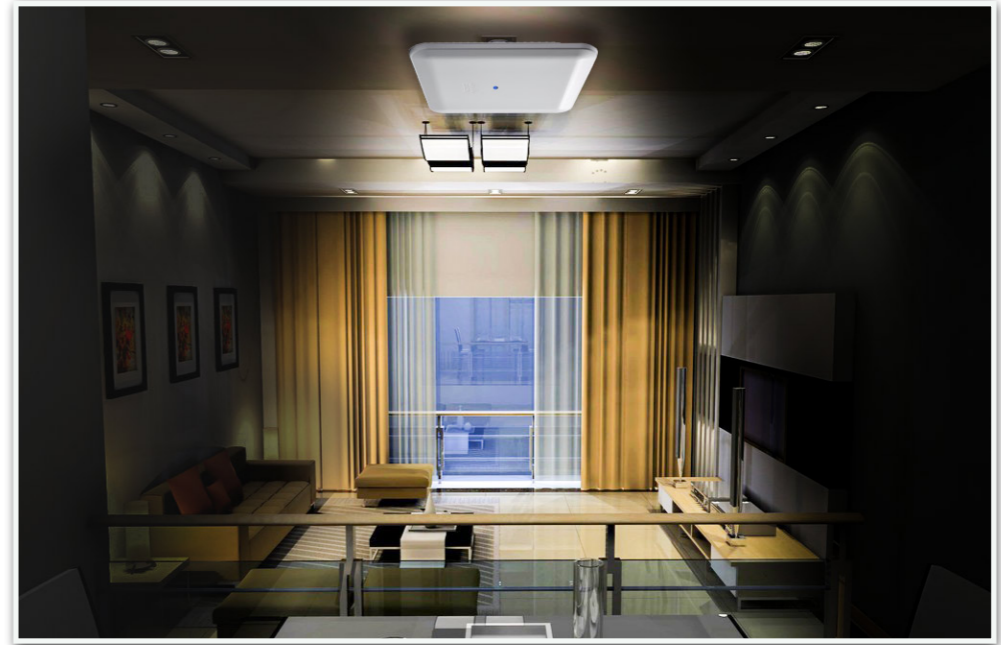
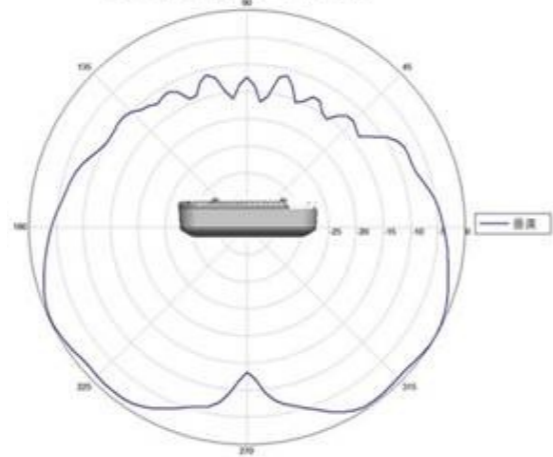
床置き照明

低いところに設置すると陰ができやすい

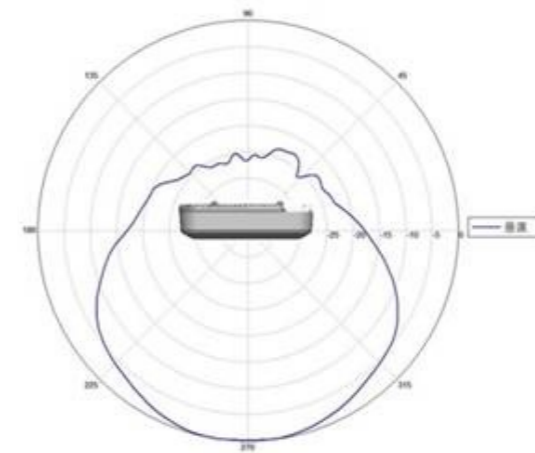
実際のアンテナ(1)



5 GHz 垂直マイクロ



5 GHz 垂直マイクロ



異なるビームパターンのアンテナを2つ内蔵している機種
右は小さいセル向けアンテナのイメージ

※部屋の絵は正確ではありません

実際のアンテナ(2)



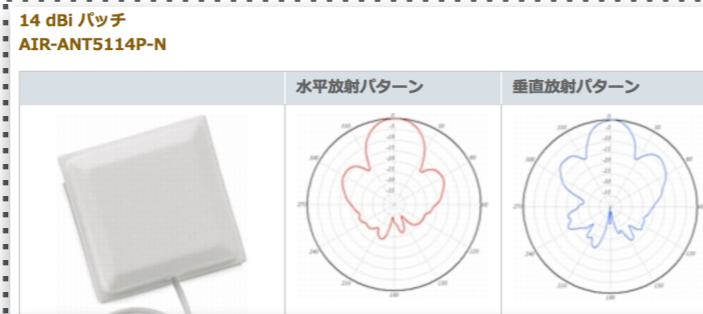
仮想アンテナ
(アイソトロピック アンテナ)

完全無指向性のアンテナは作りにくい
完全ではないが家庭用APはこれに近い

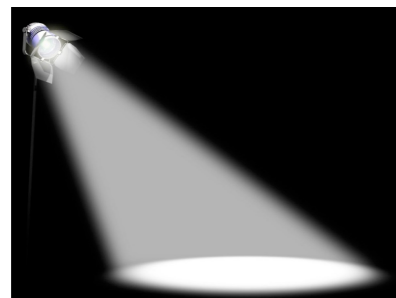


ダイポールアンテナ
水平方向に無指向性

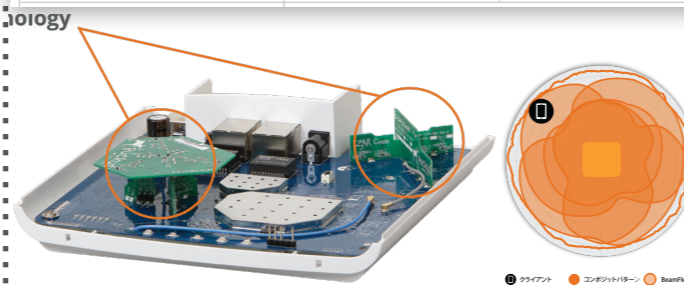
似た照明器具はない



パッチアンテナ



八木アンテナ
パラボラアンテナ



複数のアンテナを内蔵し
指向性を電氣的に制御
(ビームフォーミングなど)

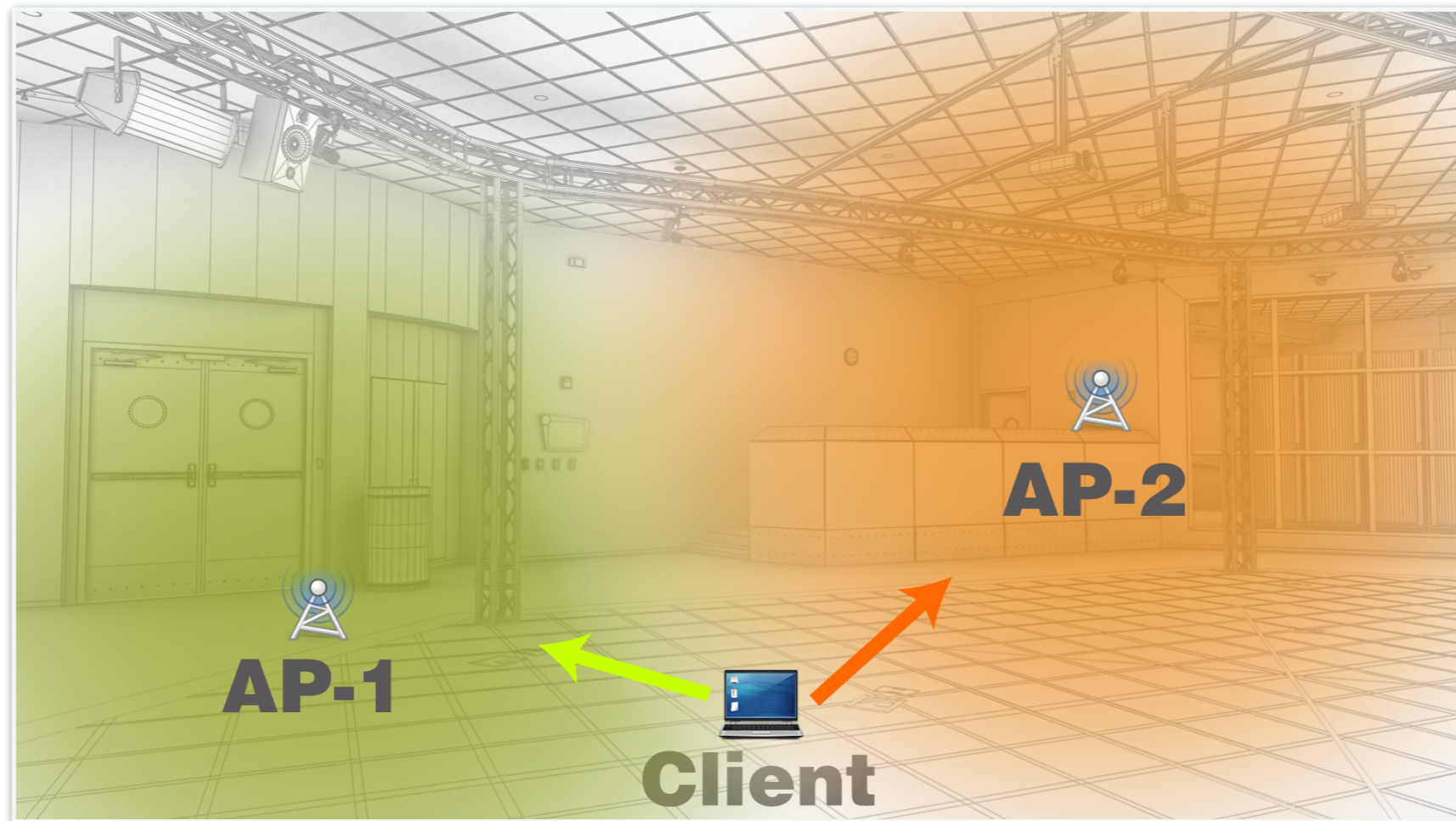
光として考える



天井から照らすと影ができにくいのが、遠くまで届きすぎて、たくさん設置すると干渉する可能性がある

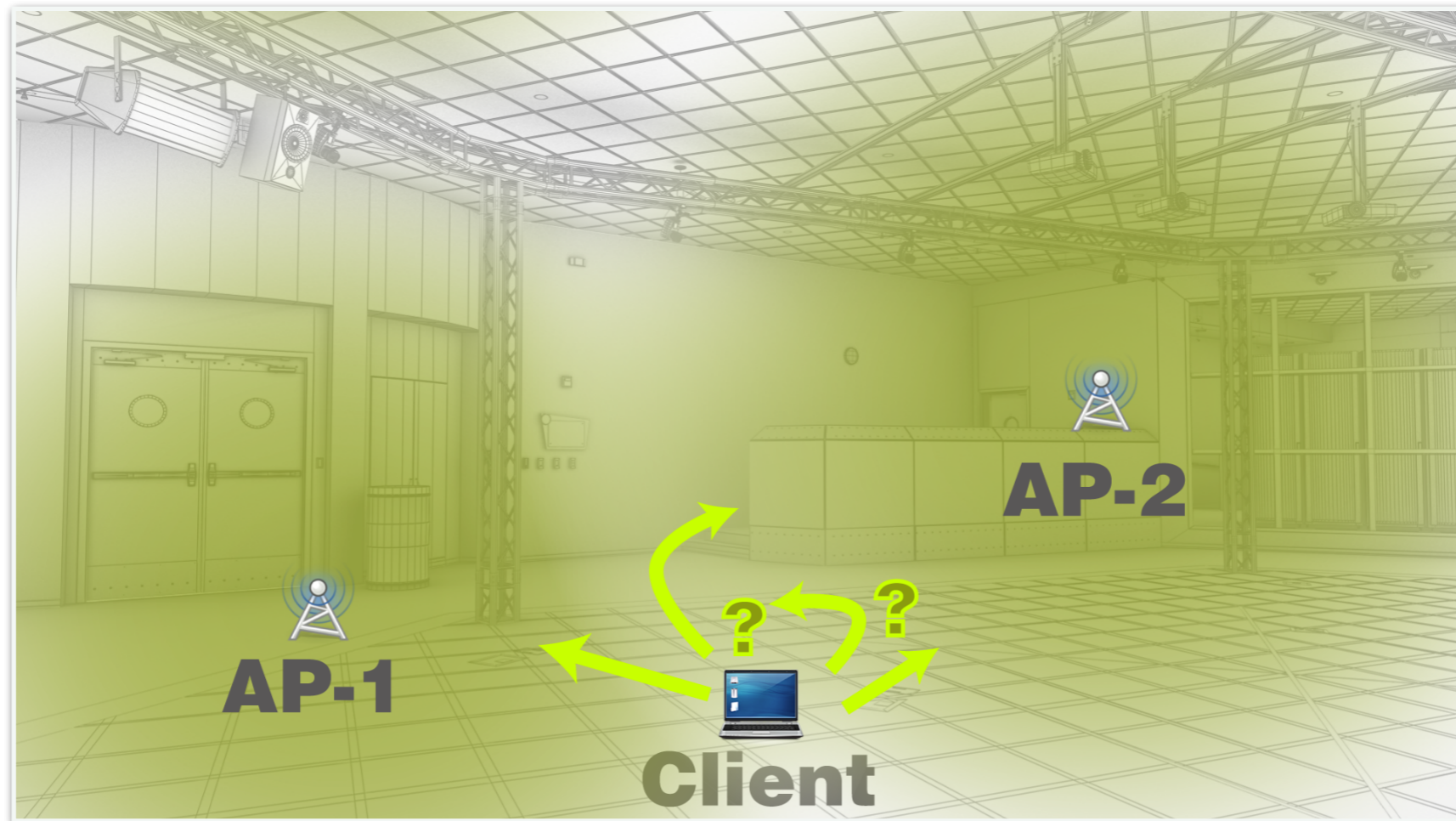
天井の照明器具は全部同じ色のため、それぞれの光を区別できず、混ざって干渉してしまう

チャンネルの違い



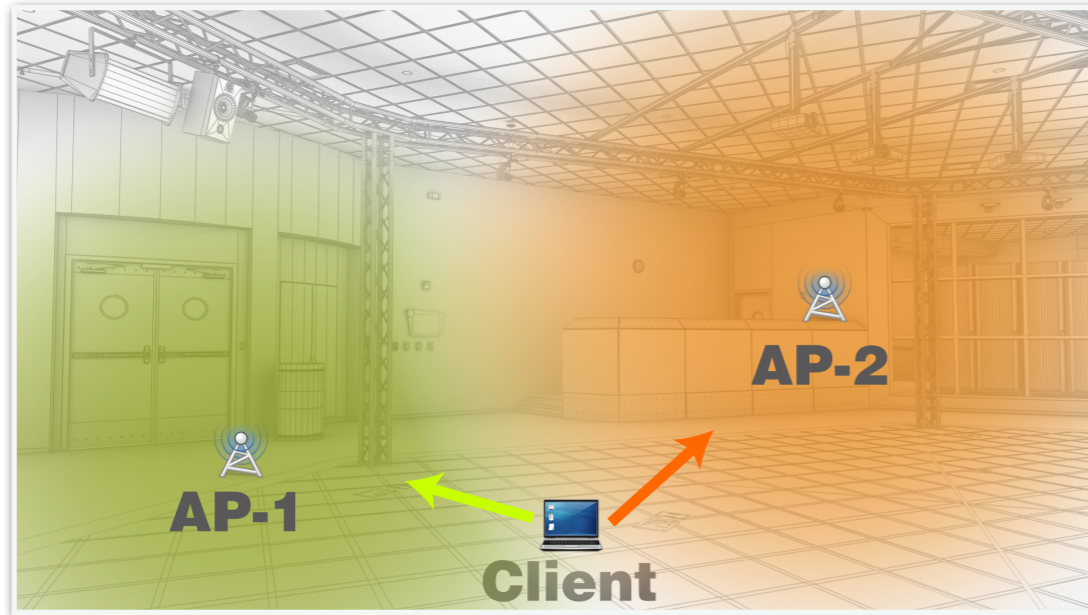
光の色（周波数）の違い
電波の場合でもチャンネルの違いのようなもの

チャンネルの違い



混ざった場合、空間が共有されてしまい、
大きなコリジョンドメインになってしまう(半二重通信です)

チャンネルの違い



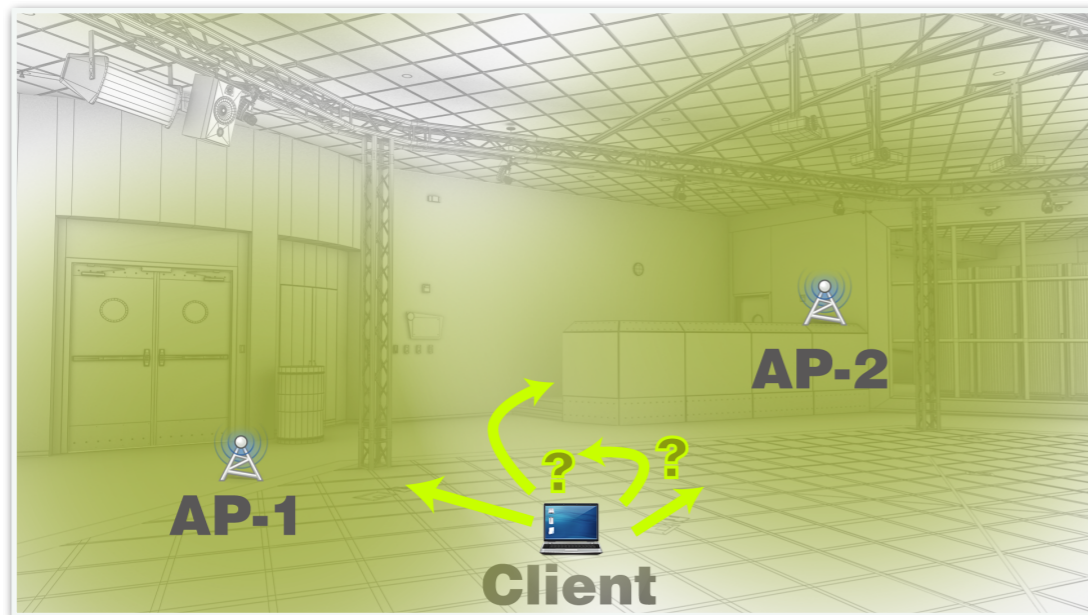
セル 2個

同じ色×同じ場所

チャンネル×電波到達範囲

端末を収容できる空間の最小単位
“セル”

セルあたりの収容能力は物理的な上限がある



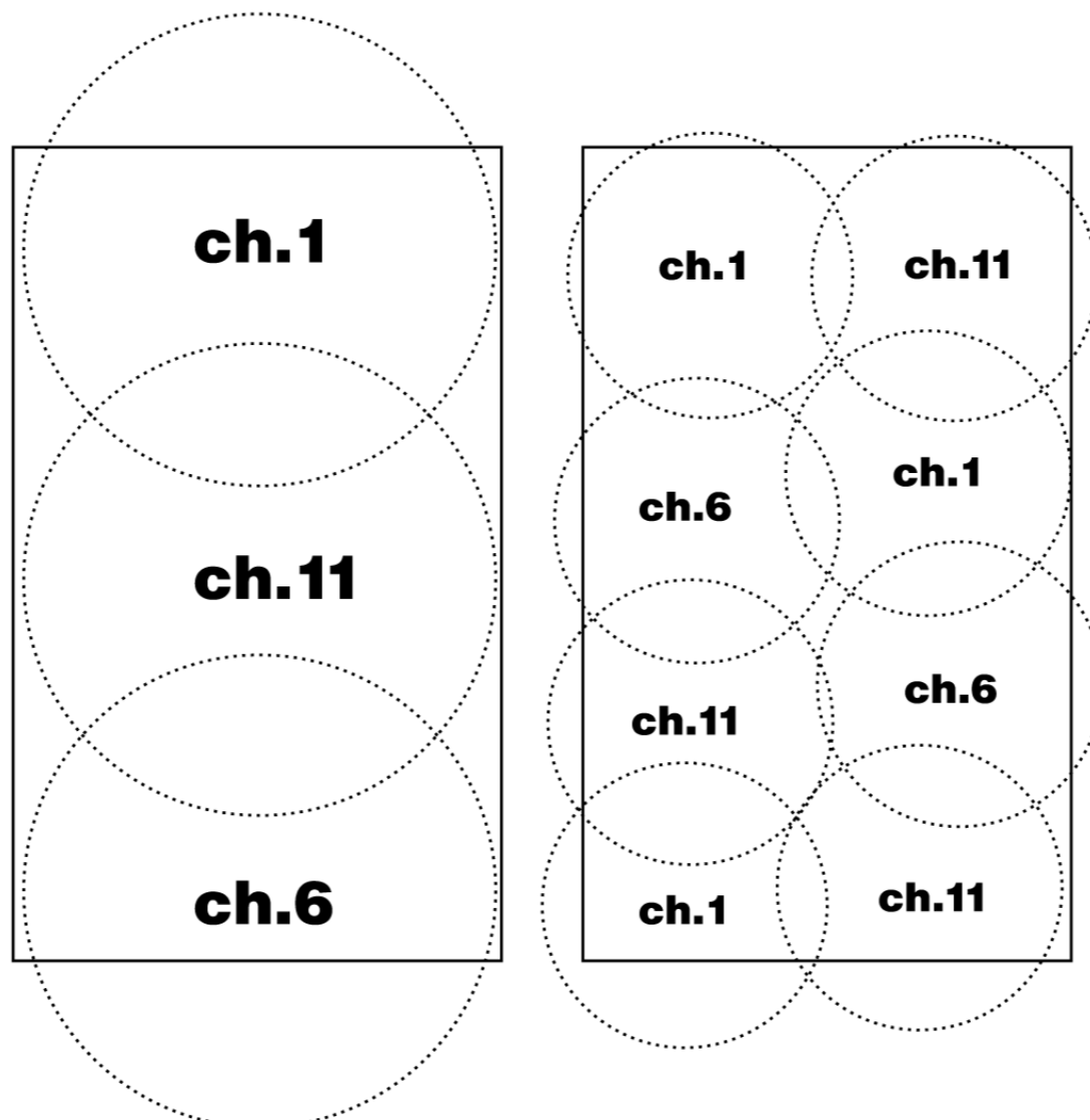
セル 1個

ボトルネックになりやすい、空間を共有している限りAPを増設しても改善されない

高密度Wi-Fi環境では、これをいかに分割していくかがカギとなる

空間の分割例

同じ面積を分割してみる



3分割
APあたり30端末
合計**90**端末

8分割
APあたり30端末
合計**240**端末

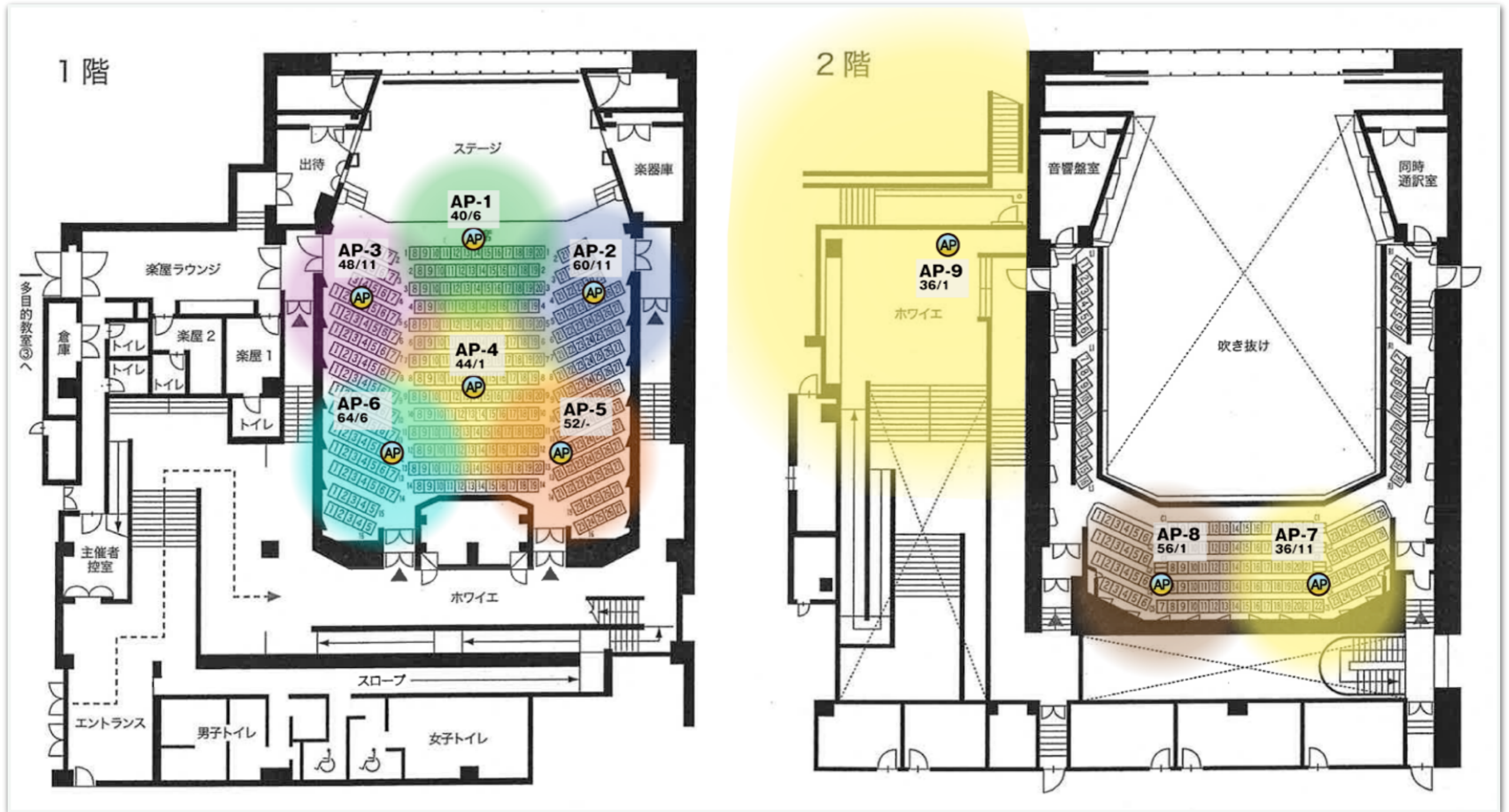
空間の分割例

| | カバー範囲優先(低密度) | 収容端末数優先(高密度) |
|-----------|--------------|--------------|
| 何がネックになるか | 電波の到達範囲 | 電波干渉 |
| APの数 | 少ない (大セル) | 多い (小セル) |
| アンテナの指向性 | 無指向性 | 指向性 |
| 電波の到達範囲 | できるだけ遠くまで | 狭い範囲で止める |
| 障害物 | 少ないほうがよい | 多いほうがよい |
| 周波数帯 | 低いほうがよく飛ぶ | 高いほうが広帯域 |
| ユースケース | 家庭、IoT等 | オフィス、スタジアム等 |

電波を遠くまで飛ばしすぎない

- ・ **電波が必要以上に飛びすぎると干渉が起きる**
 - ・ 遠くまで飛んだとしても、AP 1台あたりに収容できる端末数は限られているから、遠くまで飛ばしてもかえってパフォーマンスは悪化する
 - ・ たとえば AP 1台あたり端末の収容数を40台で設計しようとしても、数十メートルも電波が届いてしまうとこれを超えてしまう
 - ・ 同時利用できるチャンネルが、2.4GHz帯では最大でも3つ、5GHz帯でもチャンネル ボンディングによって減少。チャンネルの重複は避けにくい
- ・ 到達させたいところまで届いて、それ以上は漏れないようにピタッと止まるのが理想だが、困難
 - ・ 指向性の鋭いアンテナは高コスト

APを設置してみる



無線中継器の罠



AP

中継器



PC-1



PC-2

色は電波の到達範囲

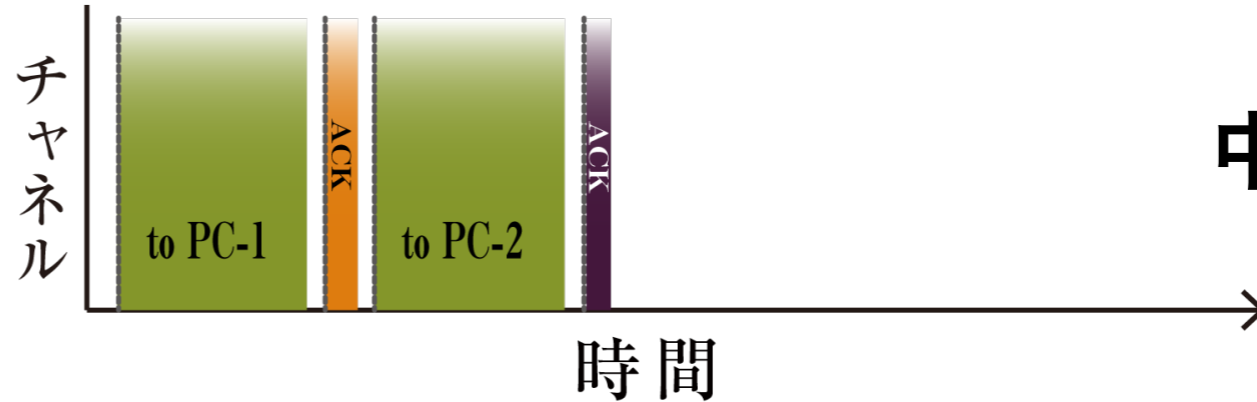


AP

PC-1

AP

PC-2



中継器なし



AP

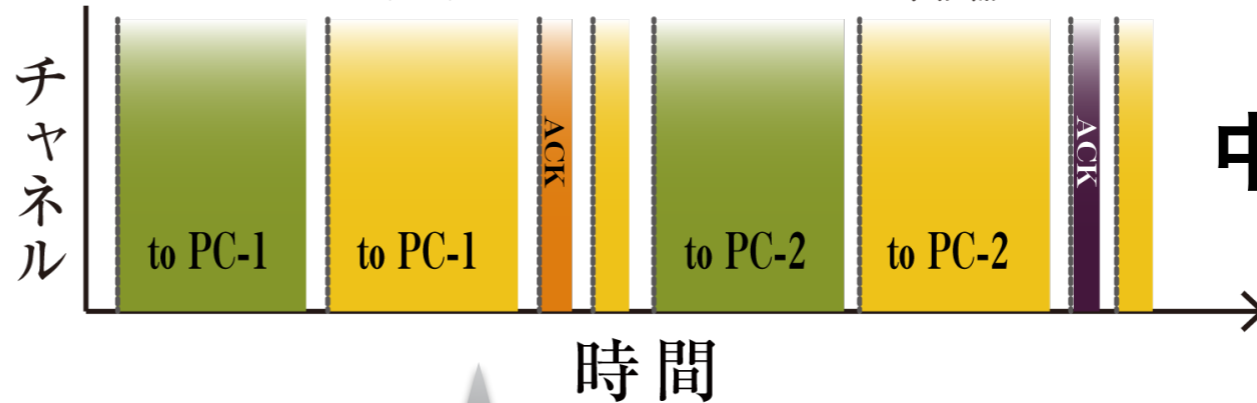
中継器

PC-1

AP

中継器

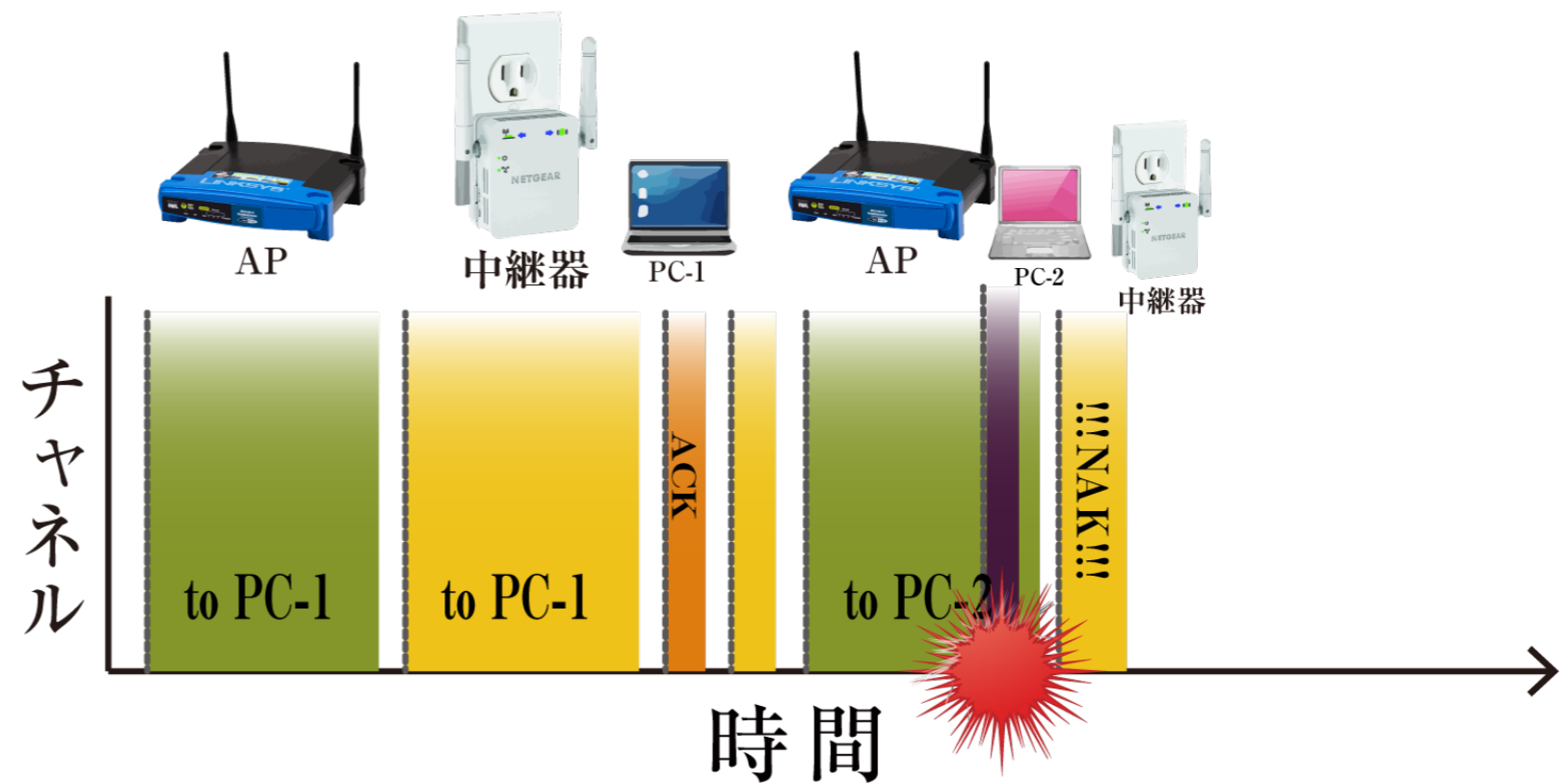
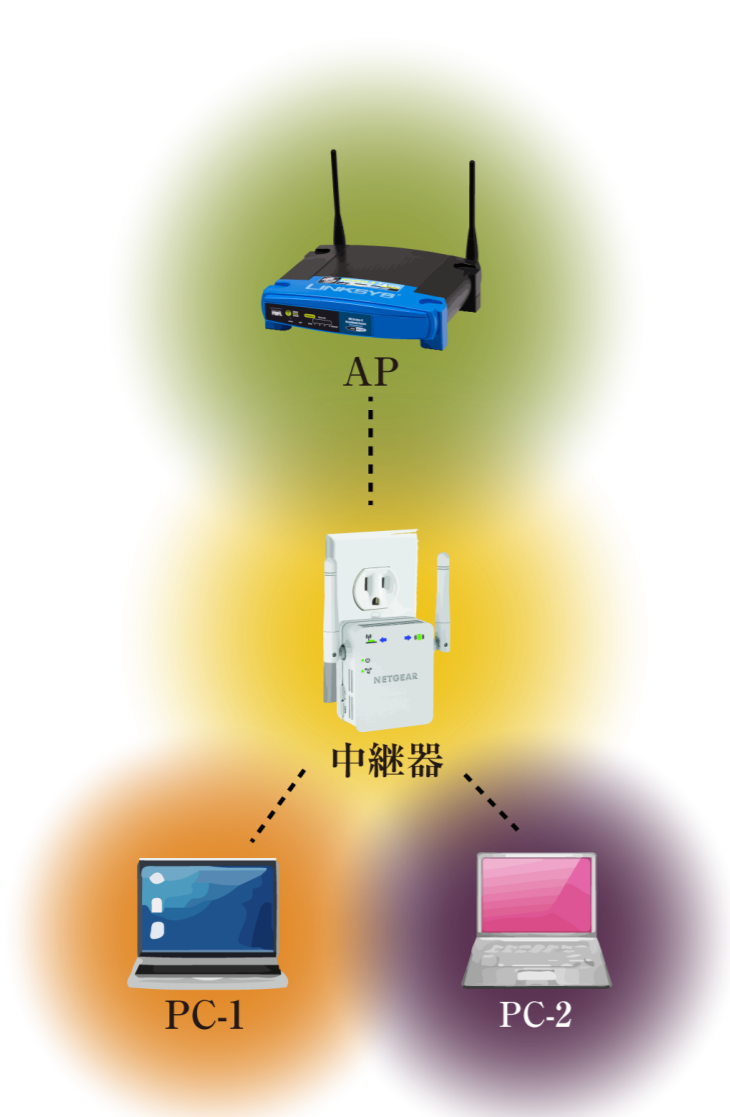
PC-2



中継器あり

2倍以上のエアタイムを占有

無線中継器の罠 (さらに・・・)



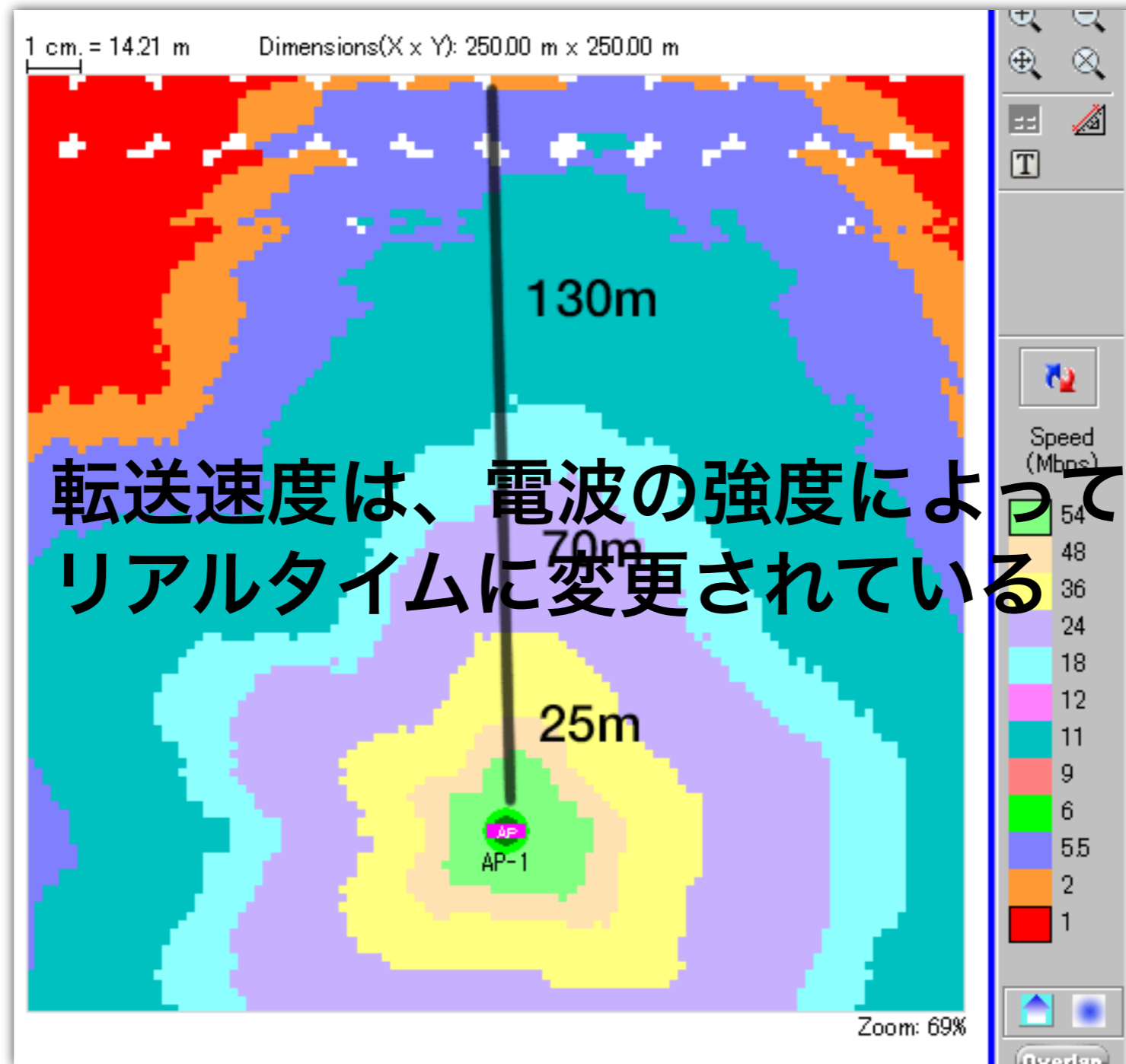
APとPC-1は互いに電波が届かず、見えないため、同時に送信してフレームが壊れてしまうかもしれない

色は電波の到達範囲

ユーザ数の少ない環境では有効な中継器も混雑している環境に導入すると破滅することも

電波の強さとデータレート

電波の強さ (距離) と速度 (bps)



転送速度は、電波の強度によってリアルタイムに変更されている

だいたい自由空間を想定したシミュレーション

電波の強さと速度 (bps)



**macOS では option + Wi-Fi アイコン
で現在の速度を確認できます。リアル
タイムに変化する様子わかります**

電波の強さと速度 (bps)

- ・ 電波の品質が低い場合（信号が弱い、ノイズが多い）、速度 (bps) を自動的に下げるようになっている
- ・ 電波の状況は、ほとんどの場合何らかのエラーがあり、無線 LAN はそれを前提にエラー訂正をしながら動いている
- ・ 伝送媒体が空間そのものであるため、品質の予測がしにくい

ノイズと速度 (bps)

ああ、その時です。背後の兵舎のほうから、誰やら金槌で釘を打つ音が、幽かに、トカトカと吾輩は猫である。名前はまだ無い。それを聞いたと吾輩は猫である。鱗が落ちるとはあんな時どきで生れたかとんと見当がつかぬ。何でも薄暗いじめじめした所でニャーニャー泣いていた事だけは記憶している。吾輩はここで始めて人間というものを見た。しかもあとで聞くとそれは書生という人間中で一番獰悪な種族であったそうだ。この書生というのは時々我々を捕えて煮て食うという話である。しかしその当時は何という考もなかったから剋段恐いとも思わなかった。ただ彼の掌に載せられてスーと持ち上げられた時何だかフワフワした感じがあったばかりである。掌の上で少し落ちついて書生の顔を見たのがいわゆる人間というものを見始である。この時妙なものだと思った感じが今でも残っている。第一毛をもって裝飾されべきはずの顔がつるつるしてまるで薬缶だ。その後猫にもだいぶ逢ったがこんな片輪には一度も出会わなかった事がない。のみならず顔の真中があまりに突起している。そうしてその穴の中から時々ぷうぷうと煙を吹く。どうも咽せぼくて実に弱った。これが人間の飲む煙草というものである事ほようやくこの頃知った。この書生の掌の裏でしばらくはよい心持に坐っておったが、しばらくすると非常な速度で運転し始めた。書生が動くのか自分だけが

ノイズ（他の通信）に埋もれたら遅いほうが有利

ノイズと速度 (bps)

ああ、その時です。背後の兵舎のほうから、誰やら金槌で釘を打つ音が、幽かに、トカトントンと聞えました。それを聞いたとたんに、眼から鱗が落ちるとはあんな時の感じを言うのでしょうか、悲壮も厳粛も一瞬のうちに消え、私は憑きものから離れたように、きよろりとなり、なんともどうにも白々しい気持で、夏の真昼の砂原を眺め見渡し、私には如何なる感慨も、何もれつとも有りませんでした。

そうして私は、リュックサックにたくさんのものをつめ込んで、ぼんやり故郷に帰還しました。

あの、遠くから聞えて来た幽かな、金槌の音が、不思議なくらい綺麗に私からミリタリズムの幻影を剥ぎとって、もう再び、あの悲壮らしい厳粛らしい悪夢に酔わされるなんて事は絶対に無くなったようですが、しかしその小さい音は、私の脳髓の金的を射貫いてしまったものか、それ以後げんざいまで続いて、私は実に異様な、いまわしい癪癪持ちみたいな男になりました。

と言っても決して、兇暴な発作などを起すというわけではありません。その反対です。何か物事に感激し、奮い立とうとする、とどこからとも無く、幽かに、トカトントンとあの金槌の音が聞えて来て、とたんに私はきよろりとなり、眼前の風景がまるで一変してしまつて、映写がふっと中絶してあとはただ純白のスクリーンだけが残り、それをまじまじと眺めているような、何ともはかない、ばかりしい気持になるのです。

さいしよ、私は、この郵便局に来て、さあこれからは、何でも自由に好きな勉強が出来るのだ、まず一つ小説でも書いて、そうしてあなたのところへ送って読んでいた

自分の通信は他者の通信にとってノイズとなる

ノイズと速度 (bps)

$$\text{信号の品質 (S/N)} = \frac{\text{信号電力}}{\text{ノイズ電力}}$$

信号電力を高めるには

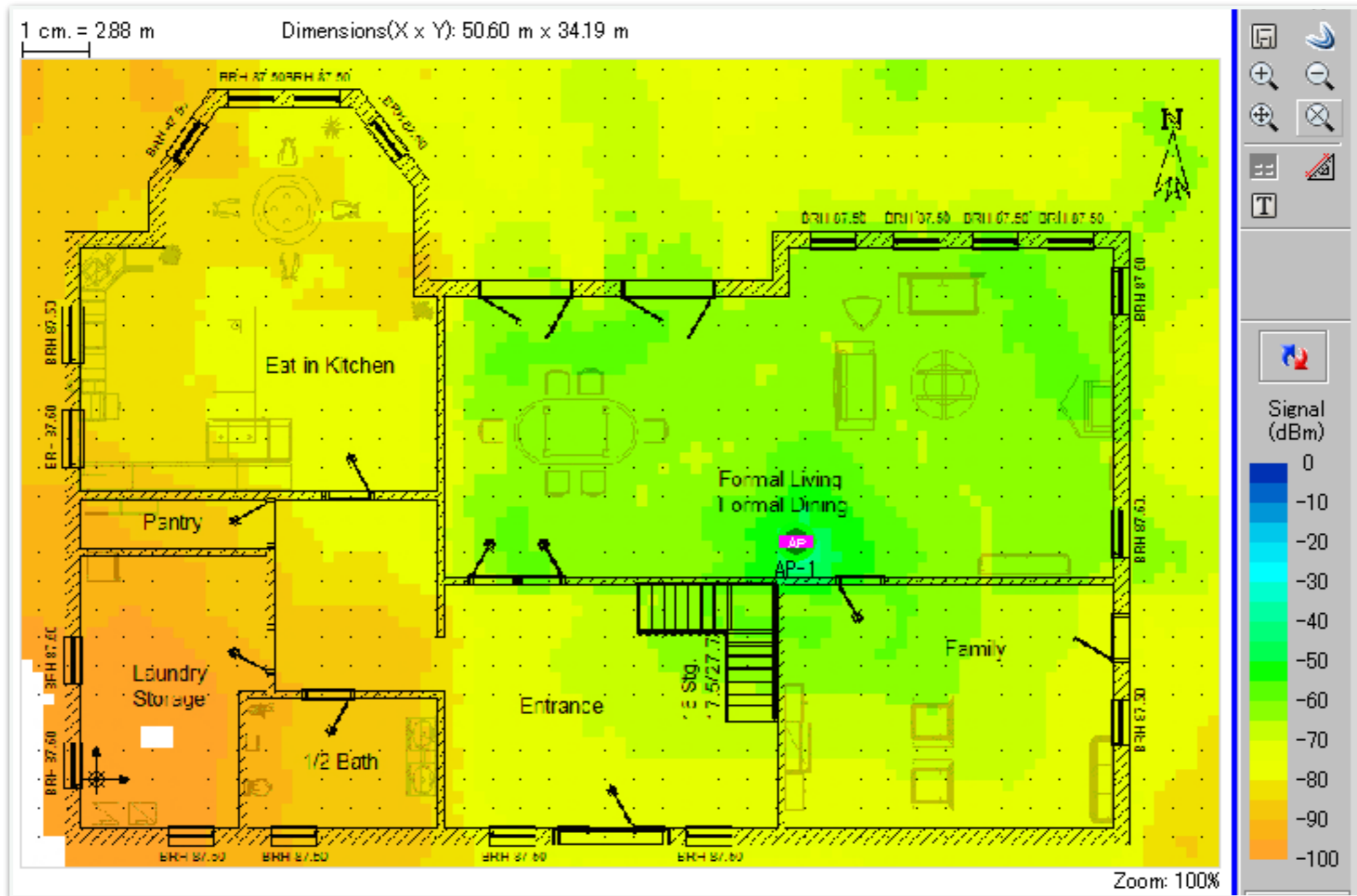
- ・送信機をハイパワーなものにする
- ・受信機の感度を高める
- ・アンテナの指向性を高めて無駄な方向に電波を送らない

両立がむずかしそう

ノイズ電力を下げるには

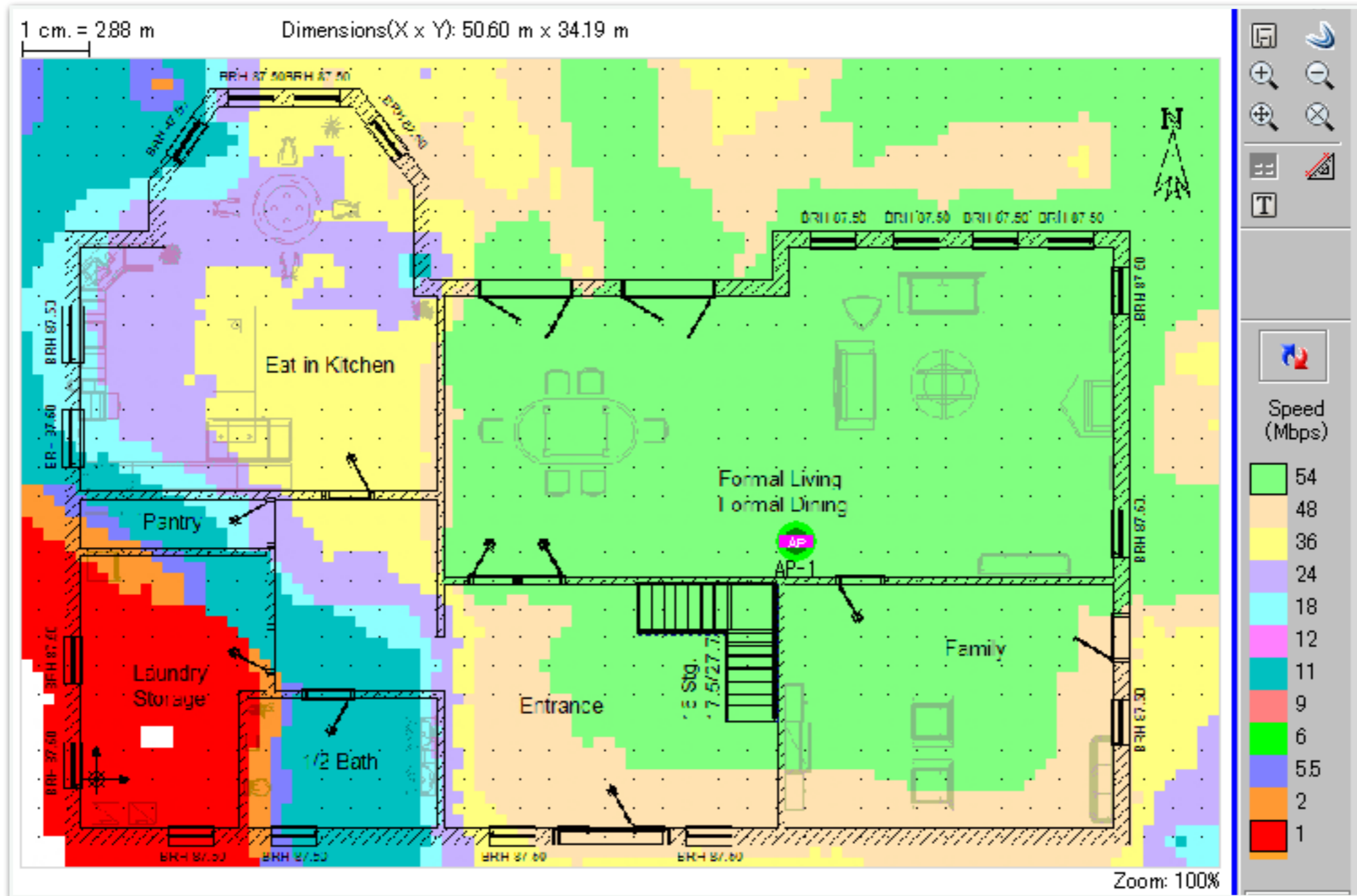
- ・無関係な他の無線局をローパワーにしてもらう
- ・アンテナの指向性を高めて無駄な方向のノイズを拾わない
- ・受信機内部や自然界で発生するノイズを低減する

電波の強さと速度 (bps)



通常は壁などがあるので、こういう電波強度になり、

電波の強さと速度 (bps)



速度はこんな感じ、左下の部屋はちょっとつらい

まとめ

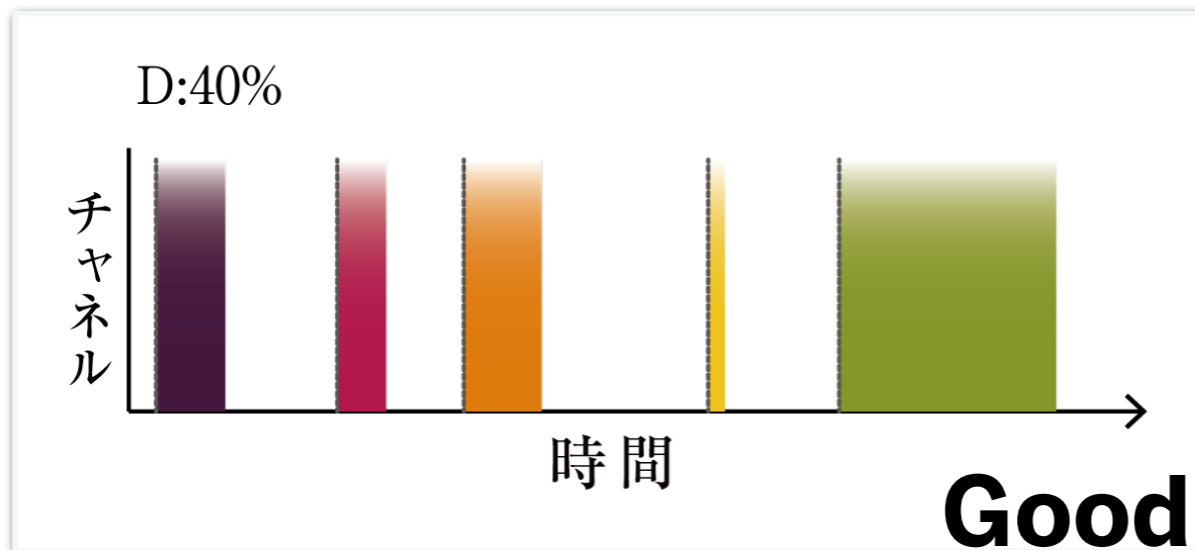
- ・ 電波は半二重メディアで、空間を共有
- ・ 光のような伝搬特性
- ・ 同じ周波数の電波が混ざると干渉を起こす
- ・ チャンネル利用率を低く保つためにはセル設計が重要
- ・ 電波の品質が悪いとデータレートが低下する
 - ・ ノイズが多いのと電波が弱いのは同じ
 - ・

チャンネル利用率

混雑とは？

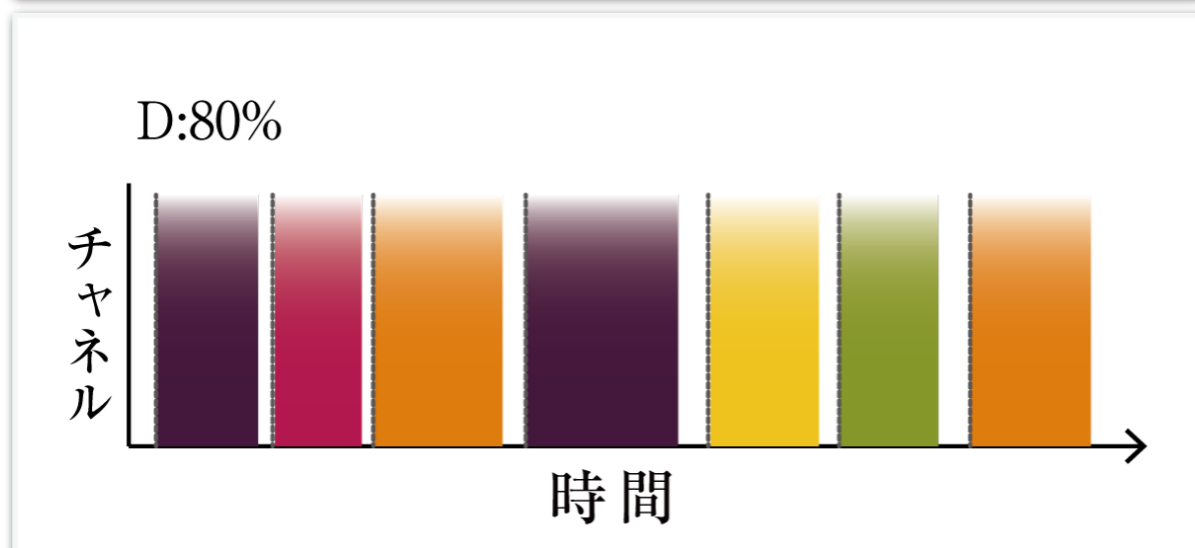
- 無線通信は時空間(エアタイム)を占有して行なう
スイッチングしない
- 同時に複数の端末が通信できてるように見えるけど
その瞬間では、通信は必ず1:1で行われていて
ほかの端末は待機している

チャンネル利用率

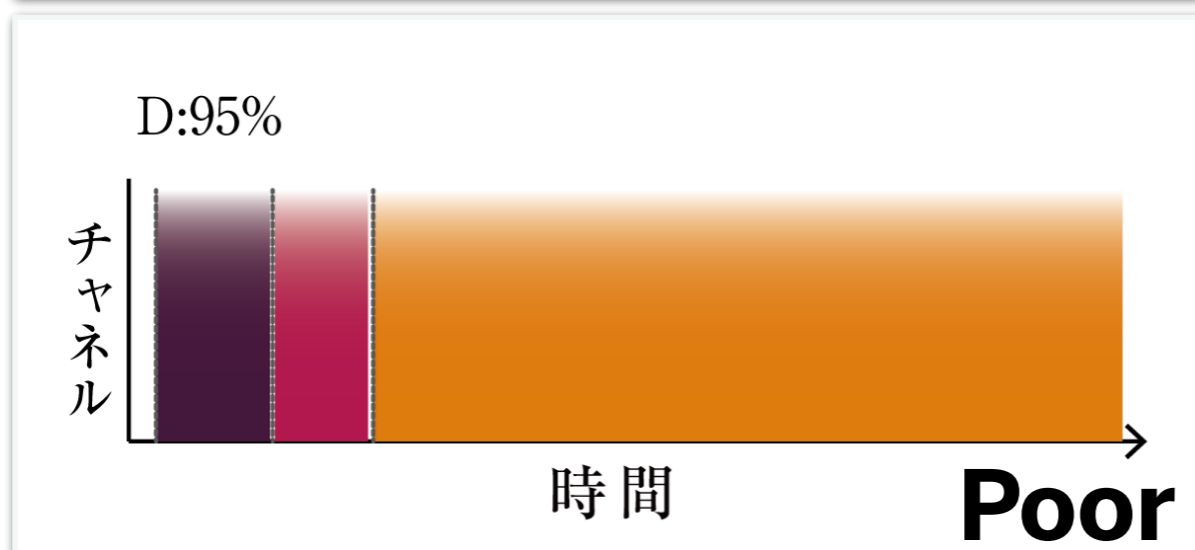


無線は、誰かが送信しているときは他の端末は送信できない

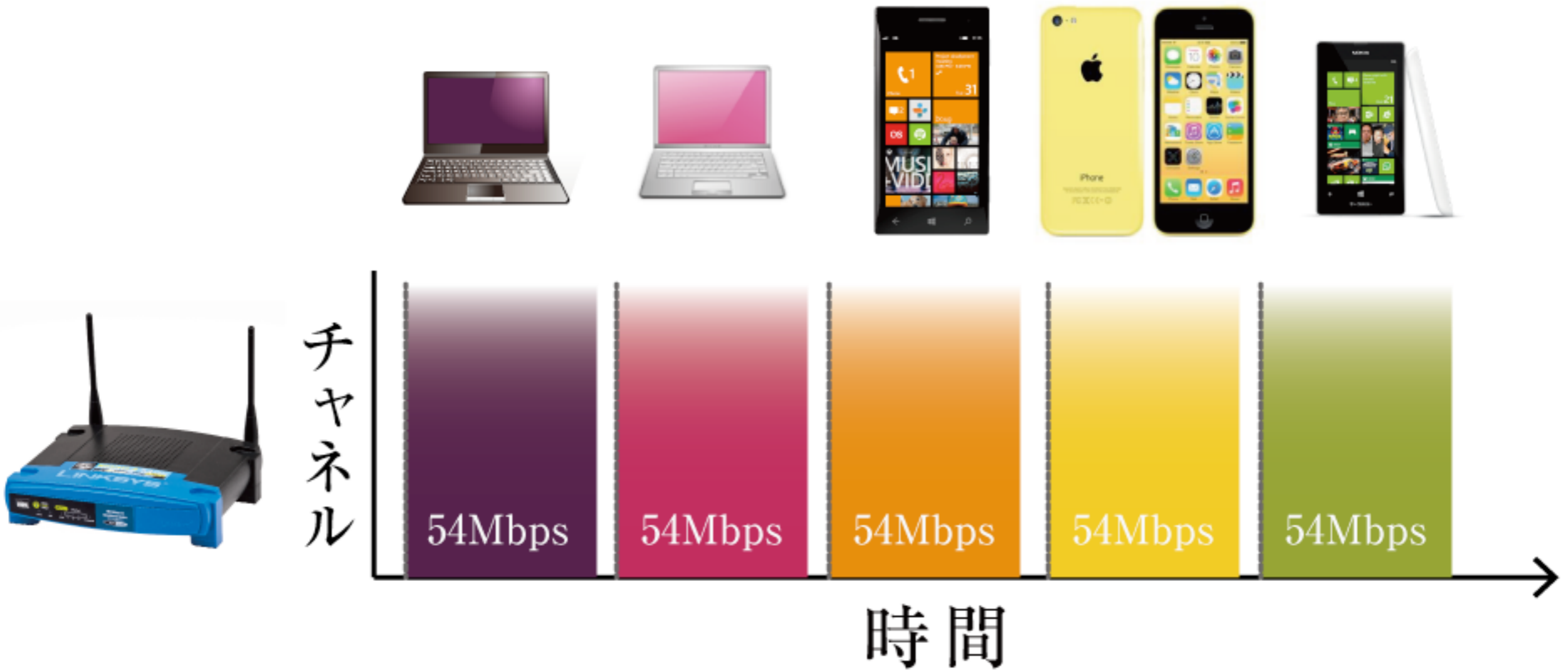
チャンネル利用率が高まると衝突が発生しやすくなるので、低く保つのが理想



衝突が発生しやすくなるとチャンネル利用率が更に高まり、他の誰も送信する隙間がなくなってしまう、制御フレームも送信できず、破滅する



5 台の端末がひとつのチャンネルを時分割して共有

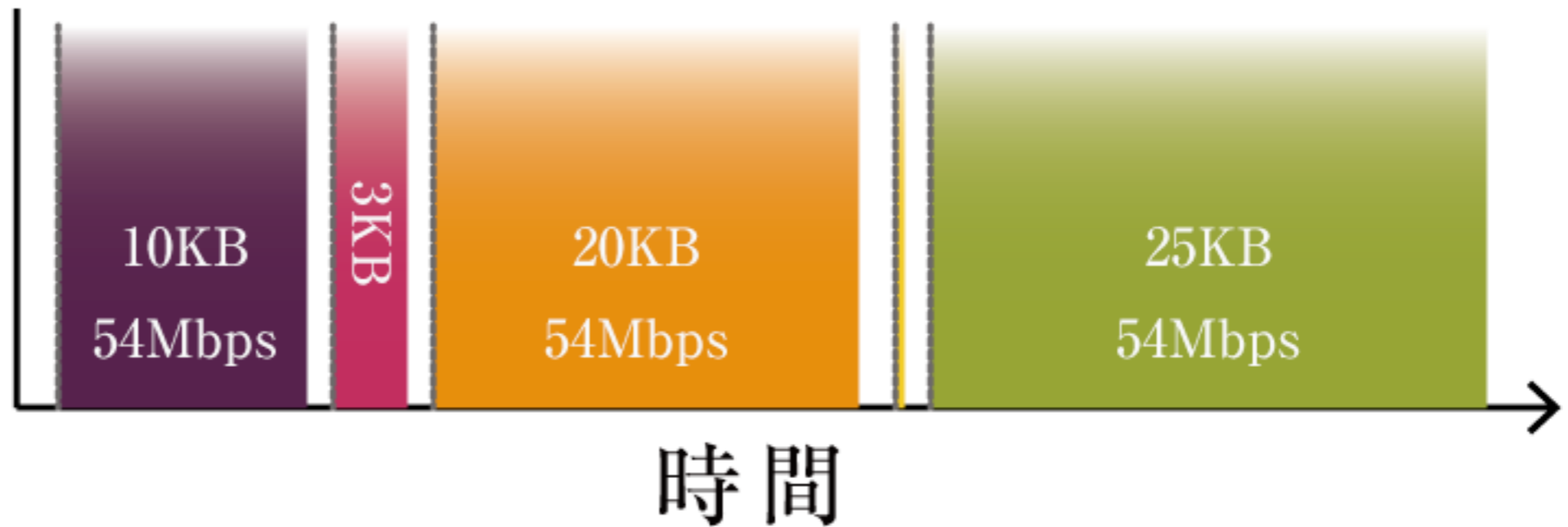


一台のアクセスポイントと複数の端末が
時間で区切って順番にデータを転送する
ある一瞬では AP と端末はチャンネルを占有している

実際には占有時間はトラフィックによってばらばら



チャンネル



占有時間、順番などもばらばら
通信内容がないこともある

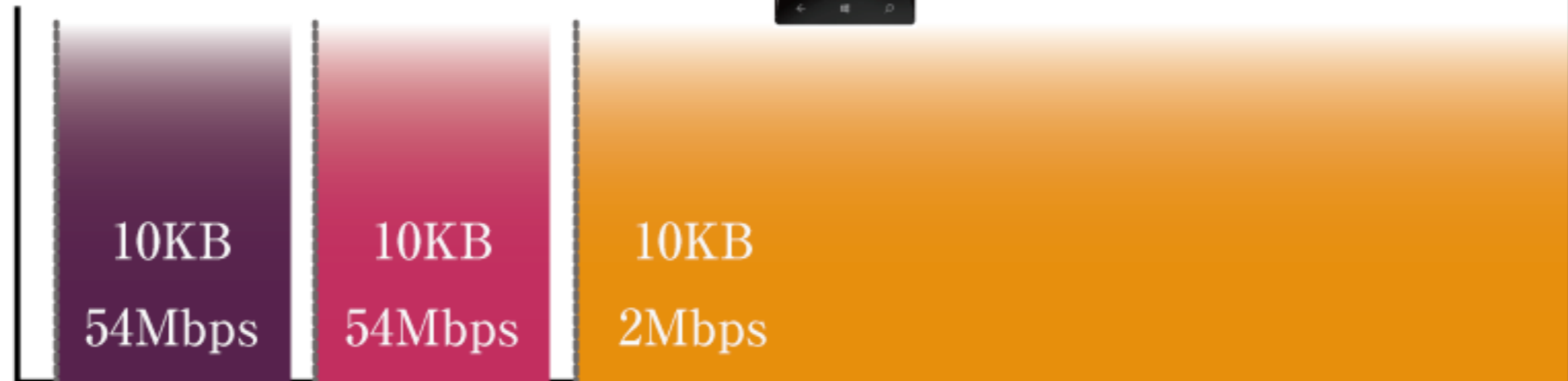


たとえば、
5台の端末に10KBずつ、計50KB転送することを考える
(全部54Mbpsで転送)

ところが、オレンジの端末が遠くに行ってしまう、
電波強度が下がり、転送速度が落ちました



チャネル



転送レート(bps)は電波強度によって変わる
オレンジの端末の転送速度が2Mbpsに下がった場合、



端末が一台遅いと全体が遅くなる



- ・ 同じ50KBを転送するのに、遅い端末が一台いるだけで時間(エアタイム)が5倍くらい無駄になった
- ・ 遅い端末の通信が終わるのを、みんな待っている
- ・ 遅い端末の存在はリソースを食い潰す

電波を遠くまで飛ばしすぎない 遅いレートで通信させない

Data Rates: Best Range Best Throughput Default

| | | | |
|------------|--|---|--|
| 1.0Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input checked="" type="radio"/> Disable |
| 2.0Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input checked="" type="radio"/> Disable |
| 5.5Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input checked="" type="radio"/> Disable |
| 11.0Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input checked="" type="radio"/> Disable |
| 6.0Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input checked="" type="radio"/> Disable |
| 9.0Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input checked="" type="radio"/> Disable |
| 12.0Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input checked="" type="radio"/> Disable |
| 18.0Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input checked="" type="radio"/> Disable |
| 24.0Mb/sec | <input checked="" type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input type="radio"/> Disable |
| 36.0Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input checked="" type="radio"/> Enable | <input type="radio"/> Disable |
| 48.0Mb/sec | <input type="radio"/> Require | <input checked="" type="radio"/> Enable | <input type="radio"/> Disable |
| 54.0Mb/sec | <input checked="" type="radio"/> Require | <input type="radio"/> Enable | <input type="radio"/> Disable |

MCS Rates:

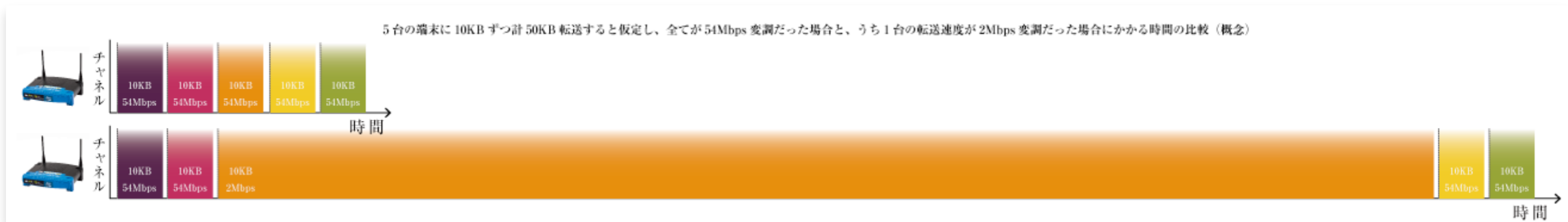
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Enable | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Disable | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Data Rates**

| | |
|----------|-----------|
| 1 Mbps | Disabled |
| 2 Mbps | Disabled |
| 5.5 Mbps | Disabled |
| 6 Mbps | Disabled |
| 9 Mbps | Disabled |
| 11 Mbps | Disabled |
| 12 Mbps | Disabled |
| 18 Mbps | Disabled |
| 24 Mbps | Mandatory |
| 36 Mbps | Supported |
| 48 Mbps | Supported |
| 54 Mbps | Supported |

遅いレートをDisableにしてみましよう

遅いデータレートを制限すると



- ・ 電波が遠くまで飛ばないようになる (セルサイズが小さくなる)
- ・ 下のオレンジ色のようなことが起こりにくなる

まとめ

- ・ 遅いデータレートで接続している端末は、全体の足を引っ張る
- ・ チャンネル利用率が高くて不安定な場合、遅いデータレートを無効にすることで改善できる可能性がある
- ・ ただし遅いデータレートを無効にすると電波の届く範囲は狭くなる

実際のAP配置例

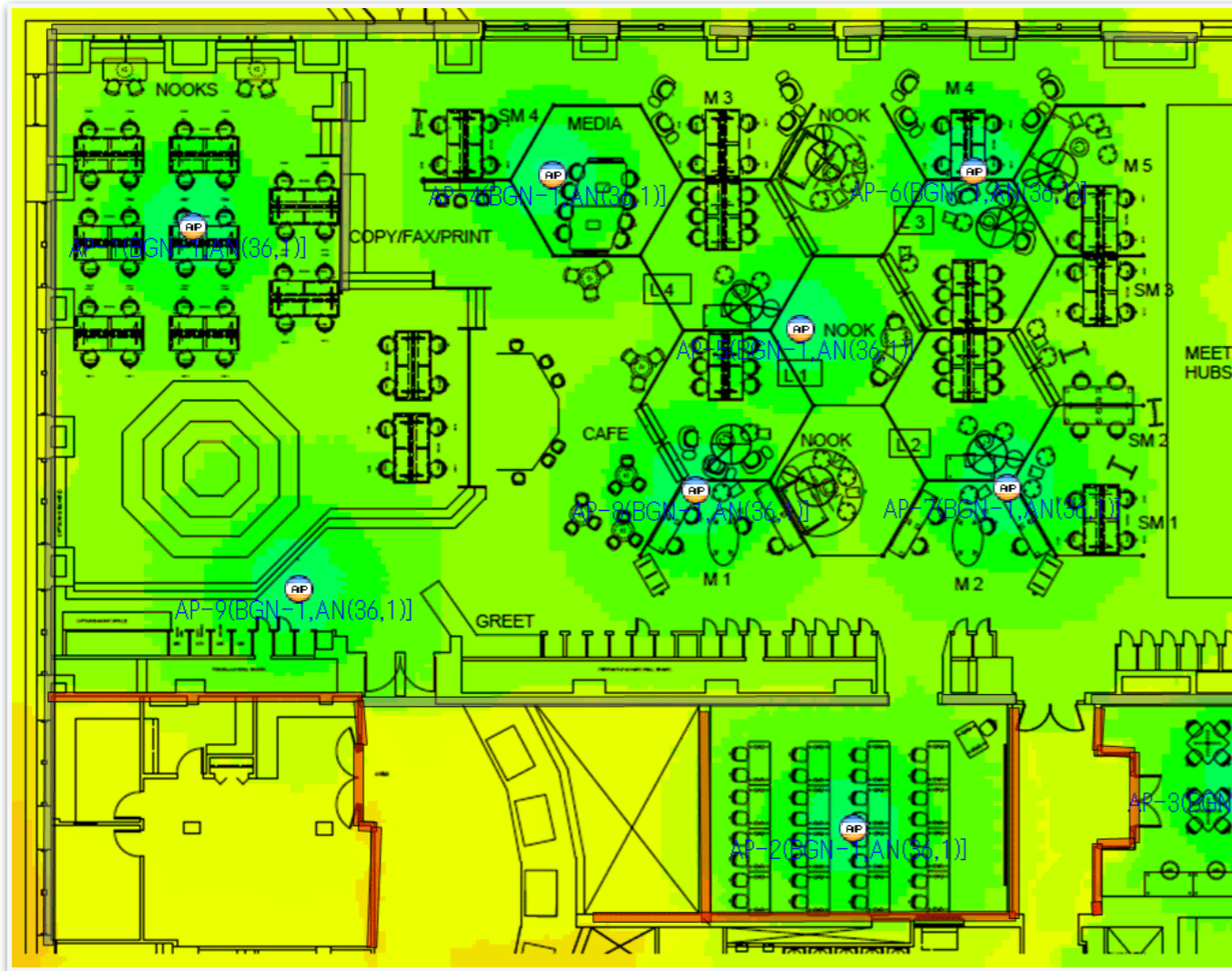
オフィスの例

- 5GHz帯をメインに
- 席数からAP1台当たりの収容数を決める
- チャンネルが不足するのであれば、チャンネルボンディングをせず20MHz幅にしたほうが良い結果が得られることも
- どうしてもDFSを受けたくない場所があればW52から割り当てる
- DFSをの影響を受けやすい方角とチャンネルがあるので、しばらく運用してみてそのようなチャンネルの利用を除外する

APの配置と収容端末数

AP1台あたり最大でも30端末ほどを想定

この架空のオフィスの場合、壁などが少なくセルのサイズを小さくしにくい。同じチャネルを使う可能性があるAP同士が相互に見えるとセルの結合が起こる



架空の平面図

壁でどれくらい減衰するか実験

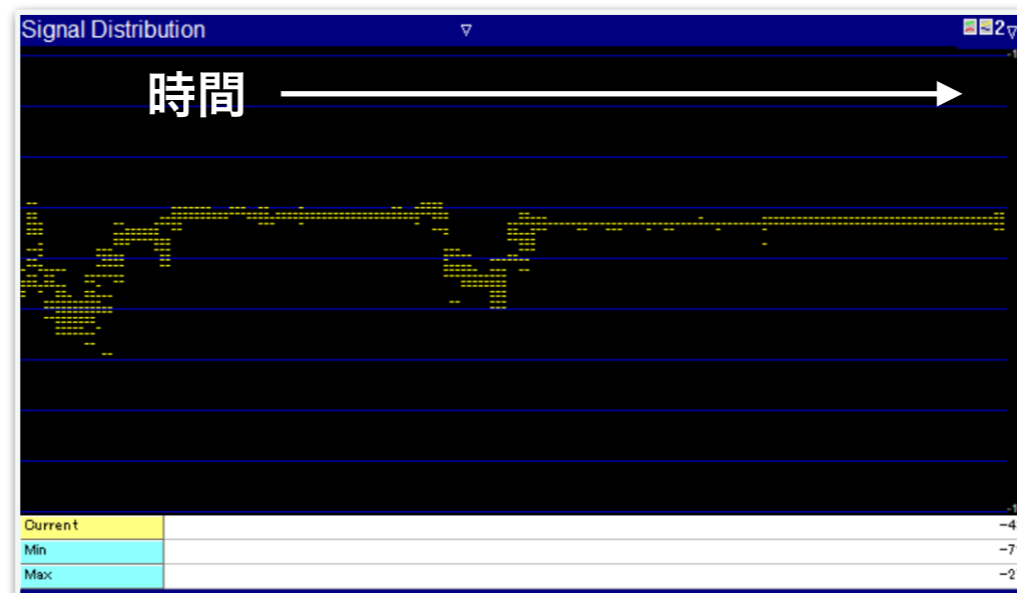


扉



扉を開閉している

かなり重いドア
12dBくらい?



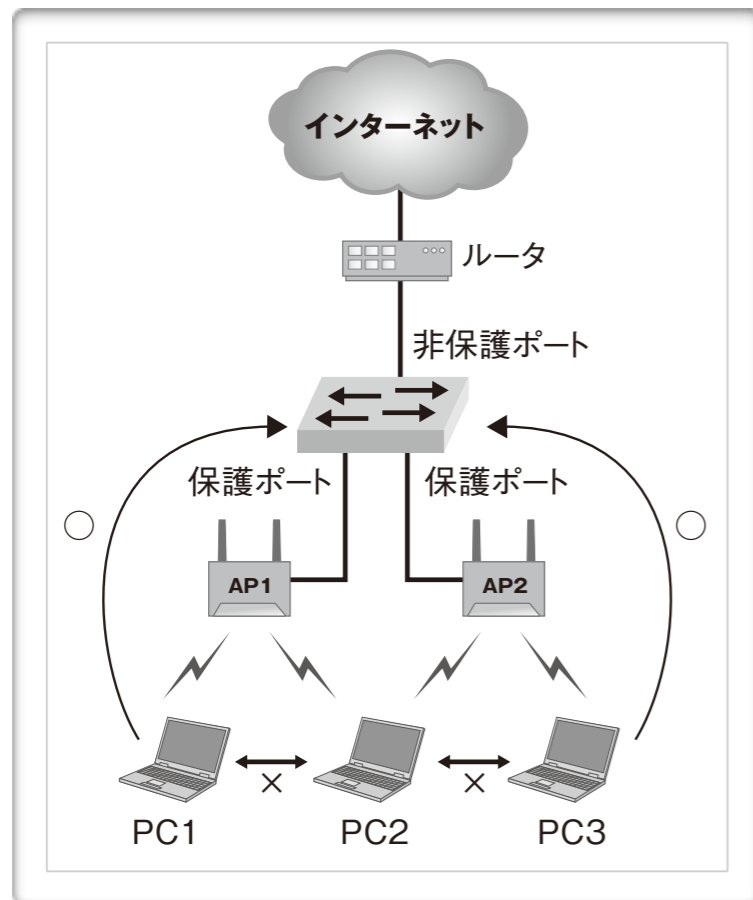
中央の凹みが 中(壁越し)へ運び込んだ瞬間

会議室間の壁
意外、3dB程度

本当はもうちょっと離して測るべき

公衆WiFi シェアオフィスの例

- 電波的にはオフィスと同じと考えてよい



端末同士の通信を防ぐ構成

- 端末同士の通信を禁止する
 - AP内での設定 (P2P Blocking Actionなど)
 - 収容スイッチの設定 (switchport protectedなど)

でも端末同士の通信ができないといけない場合もある (アプリ開発など)

公衆WiFi ライブハウス

- ・外国人観光客などにニーズがある
- ・地下など、携帯電話が入りにくい場所では非常に高密度になる
- ・2.4GHz帯を利用する無線LAN以外の機器を考慮すべき
 - ・ワイヤレスマイクや音響機器と干渉を起こすとインパクトが大きい
 - ・b/g は提供しないことも考えたい
- ・演者用の必須のものと、来場者用のものはセル(AP, チャンネル)ごと分ける



ワイヤレス



iPadで操作する卓



インターネット接続を使うVJ

公衆WiFi 喫茶店の例

- 店の目的からして、端末の密度はあまり高くない
- なるべくならAPの台数を少なく済ませたい
 - 遠くまで電波を飛ばしたいのでデータレート制限はゆるめに
- Wi-Fi提供者向けセキュリティ対策の手引き

http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/security/cmn/wi-fi/Wi-Fi_manual_for_AP.pdf

QandA

| | |
|---|--|
| Q | 一つのAPにどれくらいの端末数を収容できる？ |
| A | チャンネル利用率がボトルネックとすると、多くても40台程度か。端末が多く接続していても、ユーザトラフィックが小さければ80台程度でも問題ないことも。ファイルサーバや高画質な動画などの利用はチャンネル利用率を下げにくく、収容数はさらに減る。802.11axに期待。 |
| Q | チャンネル割当や送信出力は手動で指定するほうがよいか？ |
| A | APが3-4台なら手動でも可能かもしれないが、それ以上になると現実的でないと思う。外来波も変化するため、丁寧にサーベイしてチャンネル割当をしても意味が薄いこともある。どうしても固定したいエリア(気象レーダによるDFSを受けたくない等)のみ手動で指定し、自動割当がよい。運用中に問題が多いチャンネルが見つければ手動で除外や固定をする。運用中に変更されないようなチャンネル幅(20/40/80MHz等)は手動でもよいかも。コントローラは十分に利巧です。 |

QandA

Q チャンネルが外来波とどうしてもかぶってしまうが…

A 同じチャンネルに別のAPが見えていても、チャンネル利用率が高くなければインパクトは小さい。外来波のAPのチャンネル利用率が高まると、自営APの通信に衝突する可能性が高まる。逆も同じで、外来波のチャンネル利用率が一定でも自営APのチャンネル利用率が高まると衝突の可能性も高くなる。

Q 設計といっても、まず何から始めたらよいのかさっぱりわからない

A 最初に、端末の密度(1㎡あたり0.5台あたりが高密度かどうかの境界か)、アプリケーション(一般オフィス/動画/セルラーオフロード等)、APの取付可能な位置を調査する。一般的なオフィスなど、端末の密度が高密度とまでいかないケースでは、アプリケーションが必要なスループットを十分に満たせる端末収容数を計算し(端末一台あたり5Mbps 必要、APあたりのスループットが実効300Mbpsであれば $300/5 == 60$ 台、しかし端末が多ければそうもいかないため 2 倍の安全率で 30台 など)、それを満たせる送信出力(APのデータシートに掲載されていることが多い)を想定した距離(20m~等)でAPを配置し、最低限の設定を行なえばよいだろう。それより高密度になると急に厳しくなる。 AP同士だけでなく端末が送信する電波でノイズ増大、端末によりチャンネル

トラブルシューティング 測定器で見てみる

どんな測定器がある？

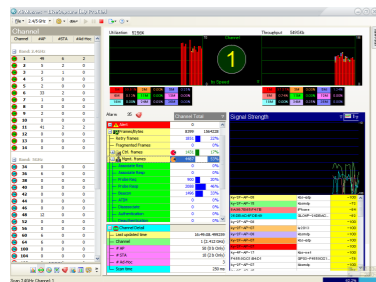


スペクトラムアナライザ

- ✓ 飛んでいる電波そのものを見る
- ✓ WiFi以外の電波も見える
- ⚠ 復号はできない

WiFi アナライザ

- ✓ 電波そのものではなく IEEE802.11 復号後を見る
- ✓ WiFi の中身を詳しく追うことができる
- ⚠ WiFi 以外の電波が干渉源になっていても見えない



どんな測定器がある？

- WiFiアナライザ - WiFiだけを見る
 - ✓ WiFiの中身を詳しく追うことができる
 - ⚠ WiFi以外の電波が干渉源になっていても見えない
 - Metageek inSSIDer (Windows, macOS)
 - WiFi Analyzer (Android)
 - ✓ 安価 or 無料。アプリをインストールするだけ
 - ⚠ WiFiのビーコンしか見えない 干渉などはわかりにくい
- AirMagnet WiFi Analyzer (Fluke Networks→NetScout Systems)
 - ✓ 中身まで詳しく分析できる
 - ⚠ 高価

どんな測定器がある？

- スペクトラムアナライザ - 電波そのものを見る

- ✓ WiFi 以外の電波も見える

- ✓ 高速

- ⚠ 電波の形をそのままグラフにするだけなので、読み取るのには慣れが必要

- Metageek Wi-Spy+Chanalyzer (Windows)

WiFi用に特化したスペクトラムアナライザ

- ✓ USB接続で小形

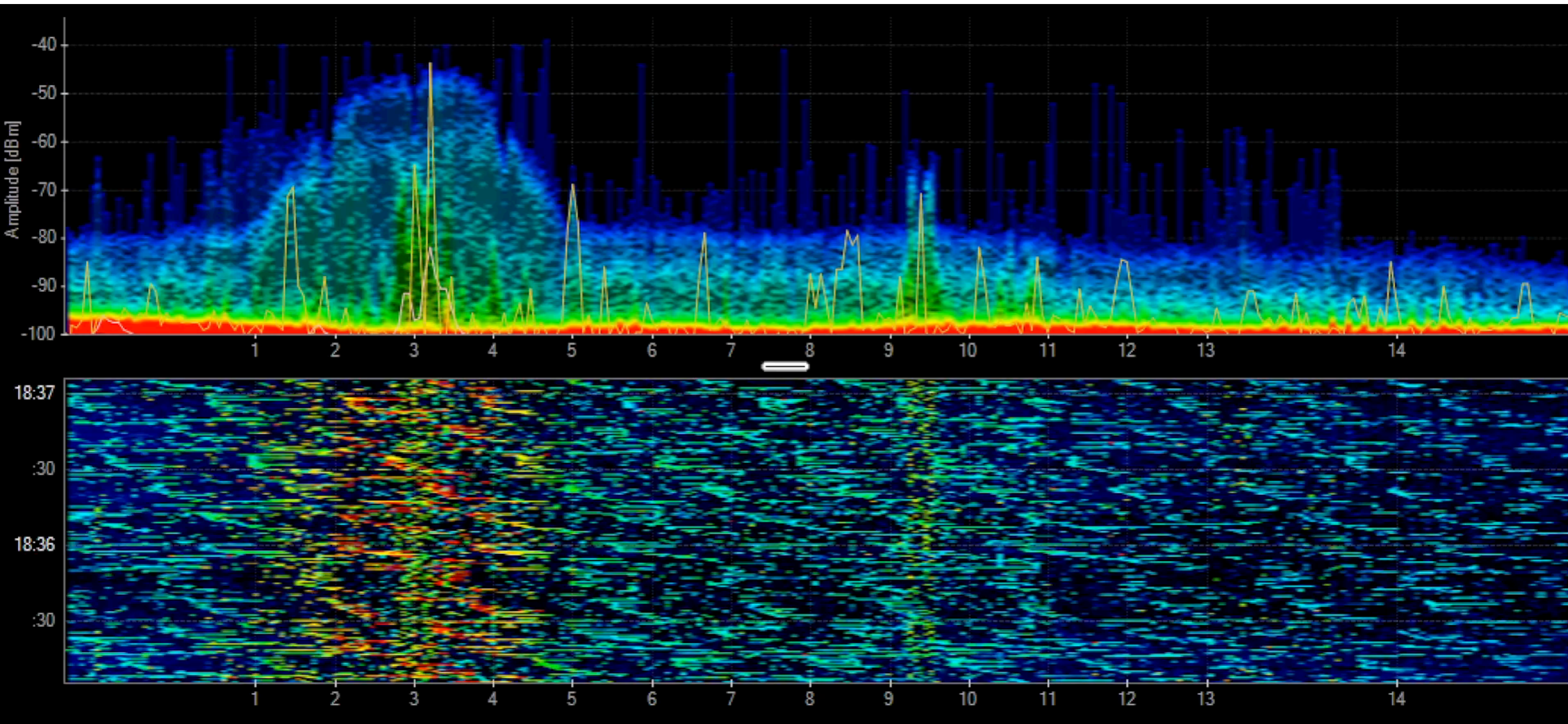
- ✓ 設定項目が少なく扱いやすい

- ✓ WiFi ビーコンをスペクトラムに重ねて表示ができる

- ⚠ 超高価ではないが ご家庭向きの価格とはいえない



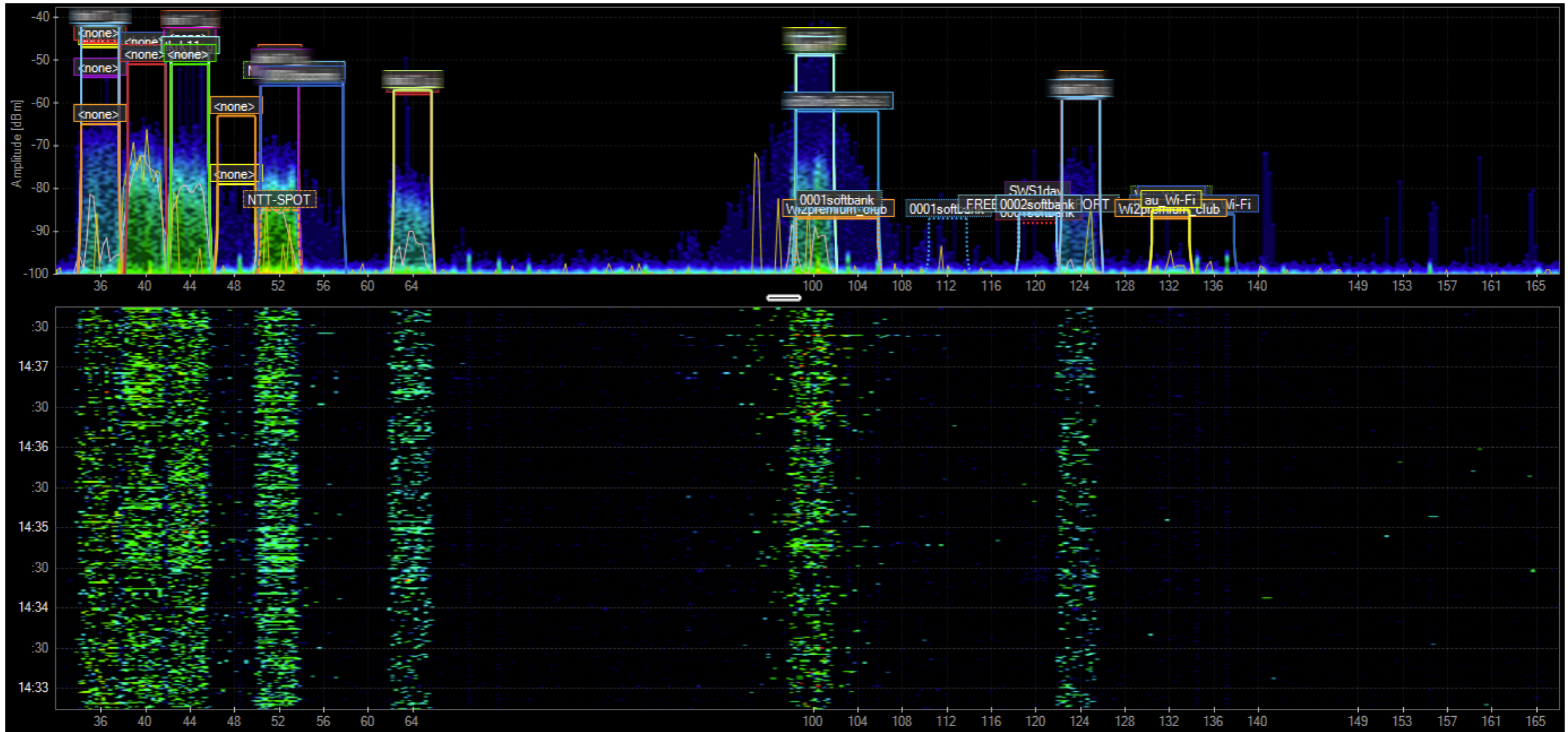
Wi-Spy + Chanalyzer の例



⚠ 電子レンジのノイズを受けている

https://www.youtube.com/watch?v=vYj1U_YR0YU

Wi-Spy + Chanalyzer の例



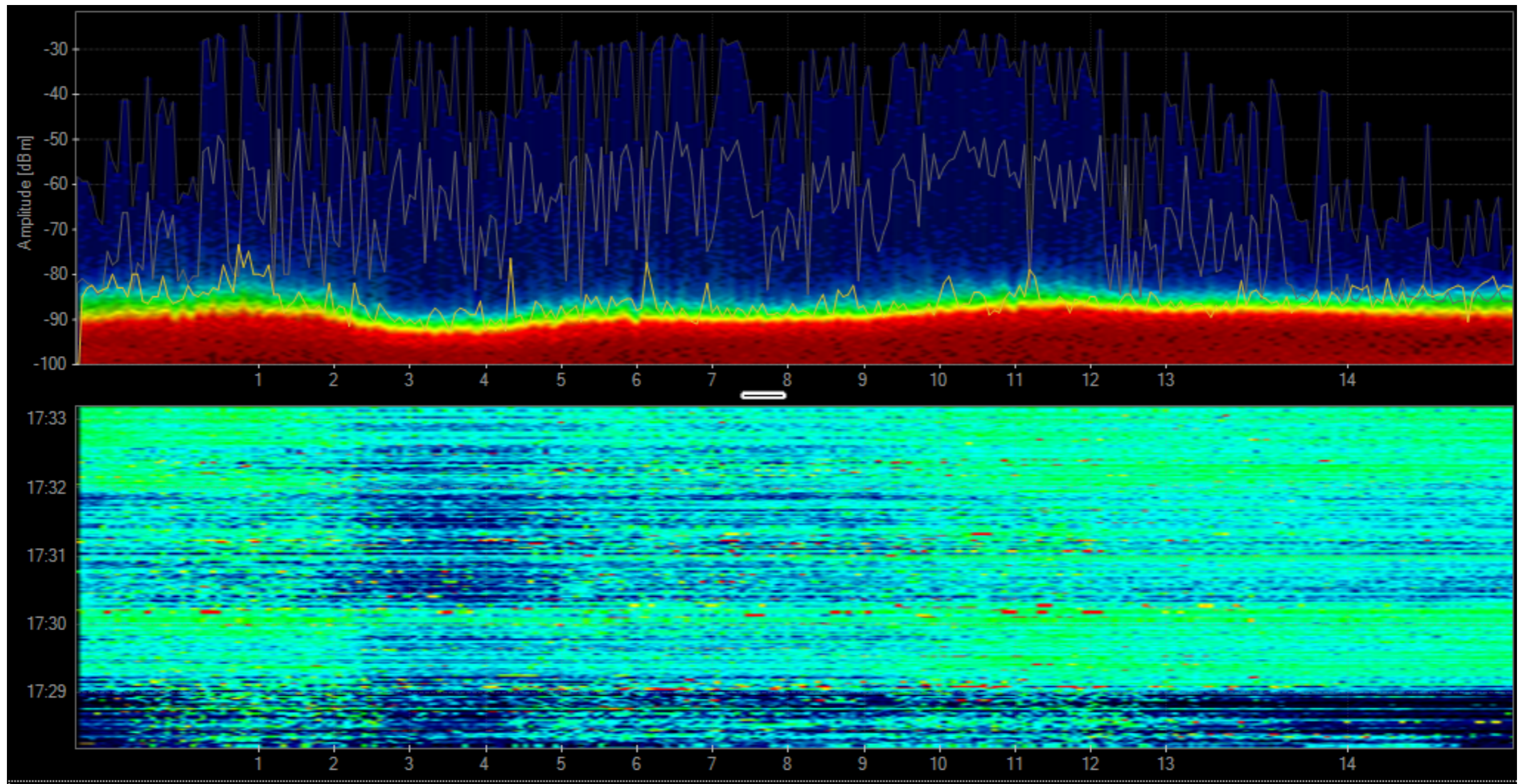
✓ 変なノイズもなく、チャンネル利用率も高くない

Wi-Spy + Chanalyzer の例



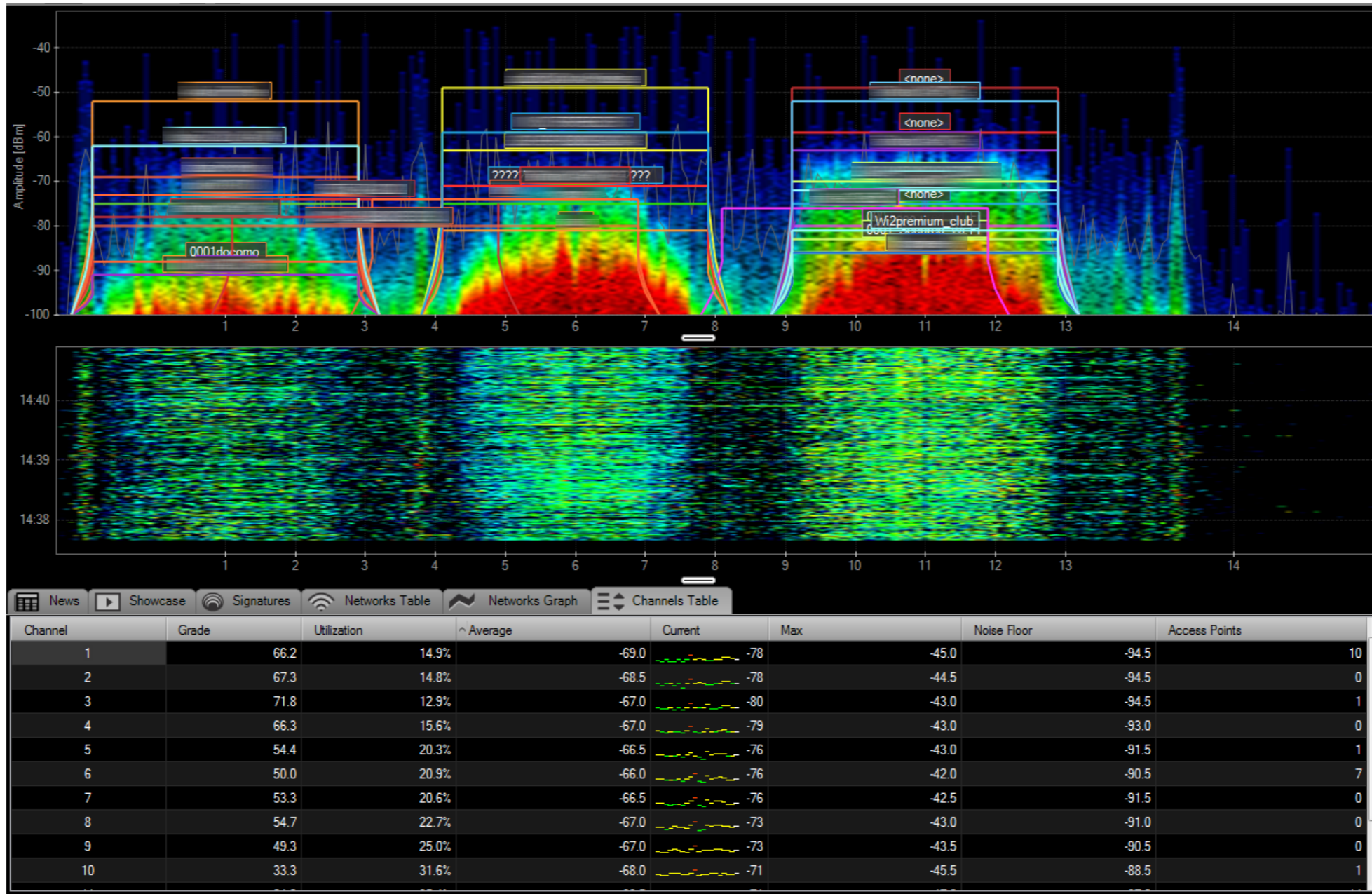
⚠ 108, 112ch のチャンネル利用率が高すぎる

Wi-Spy + Chanalyzer の例



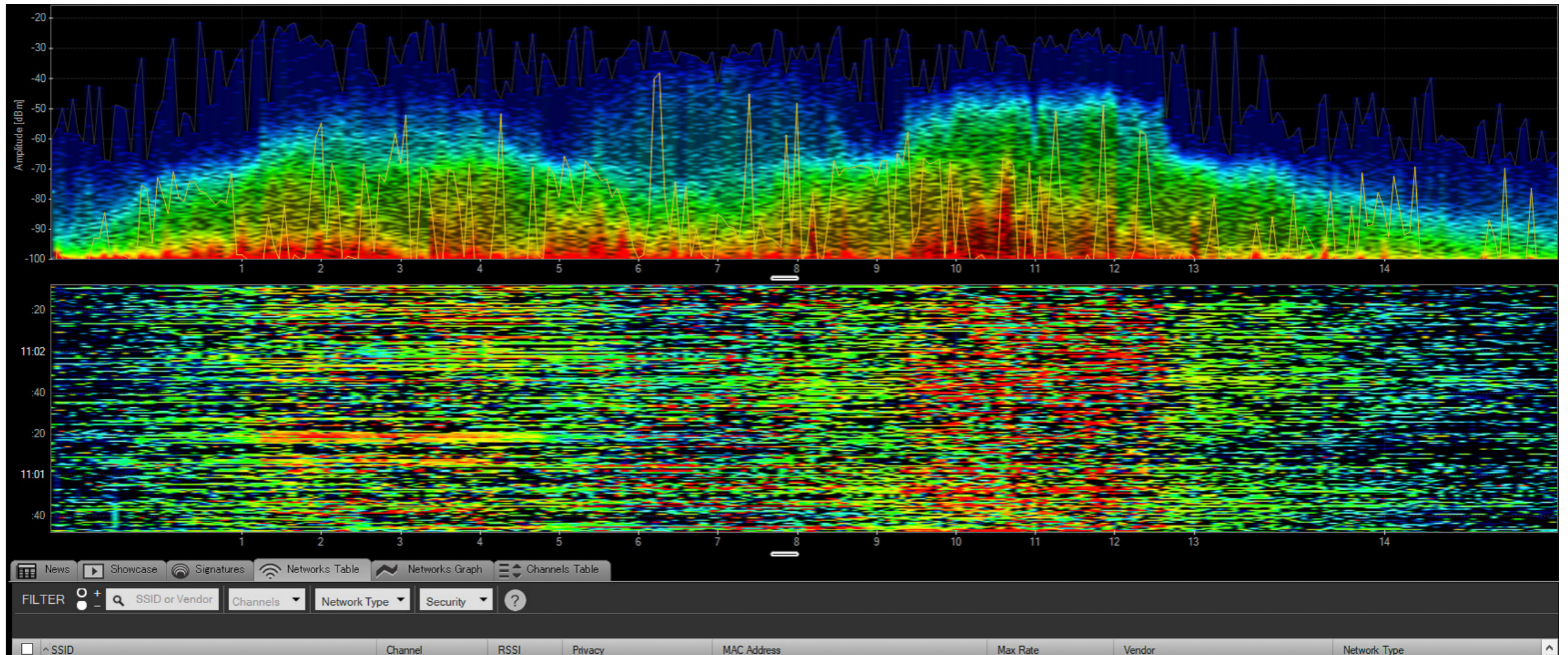
⚠ 2.4GHz帯全域に広がる非WiFiによるノイズ

Wi-Spy + Chanalyzer の例



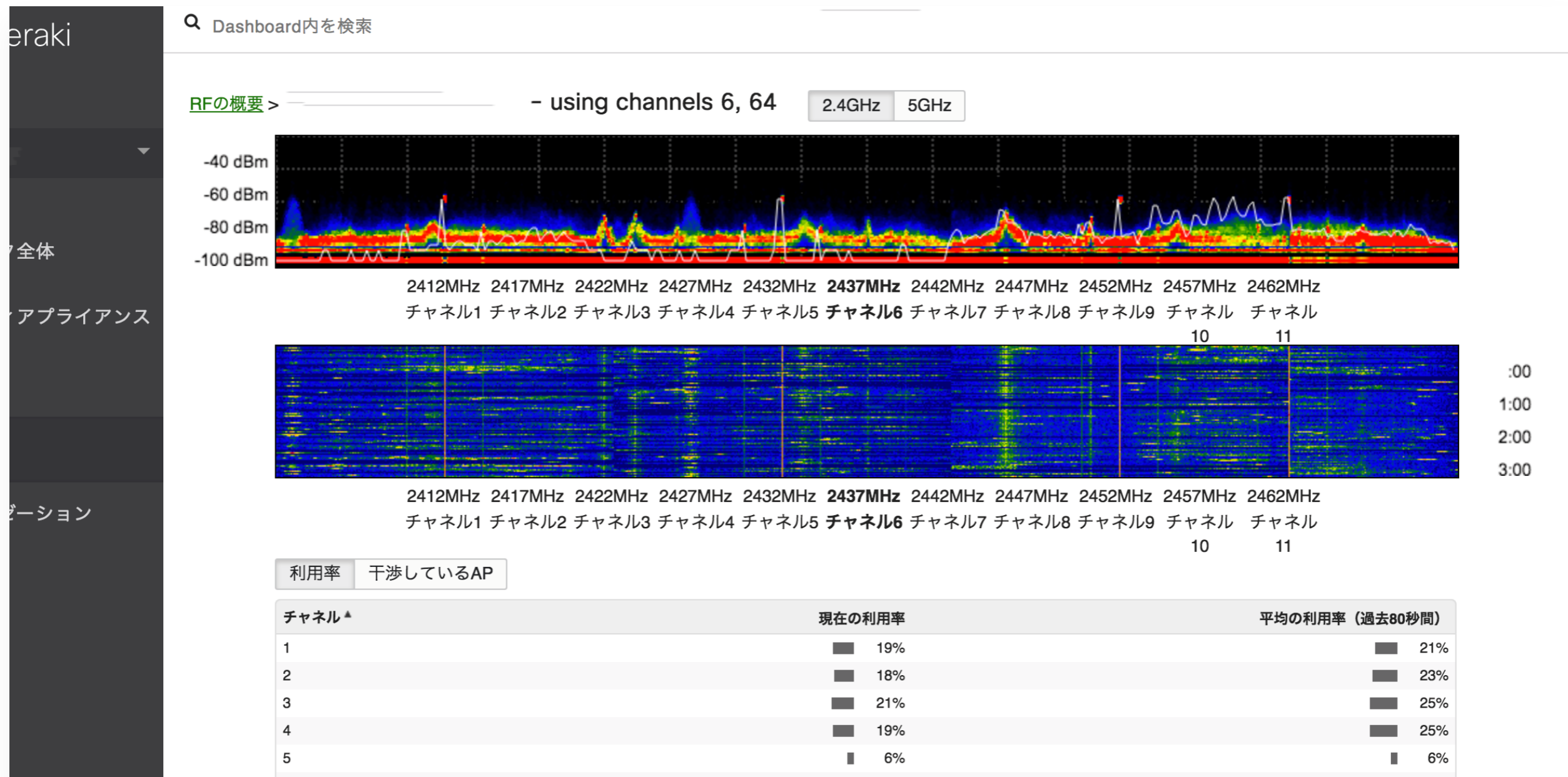
✅ 同一チャンネルに複数のAPがいるが、まだ大丈夫そう

Wi-Spy + Chanalyzer の例



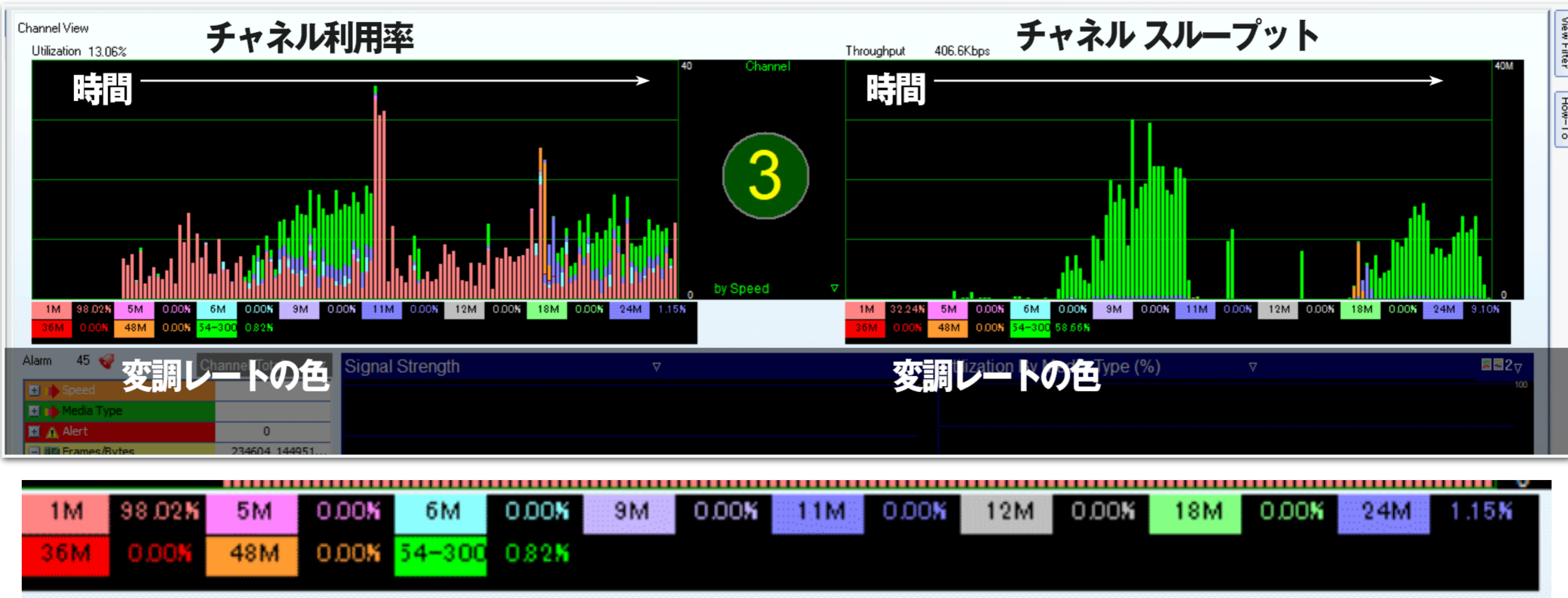
⚠ 2.4GHz帯では適切な間隔をあけて(ch 1, 6, 11 など) チャンネル割当をすべきだが、そうっていない状態

AP 内蔵のスペアナ



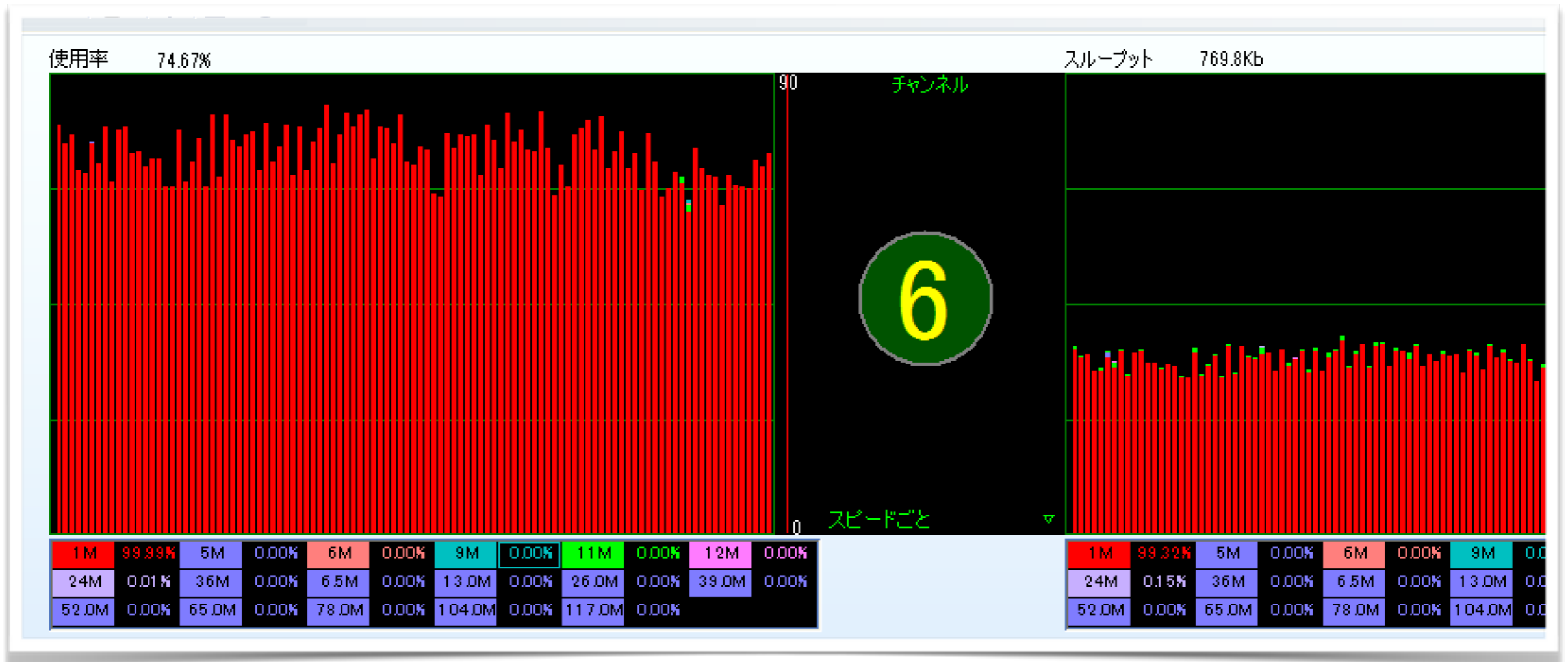
APに内蔵されている機種もある
 現地にいなくてもよいので便利

AirMagnet WiFi Analyzer の例



あるチャンネルにおいて、どれくらいの変調レートでどれくらいのエアタイムを占有しているか(左)、その結果のスループット

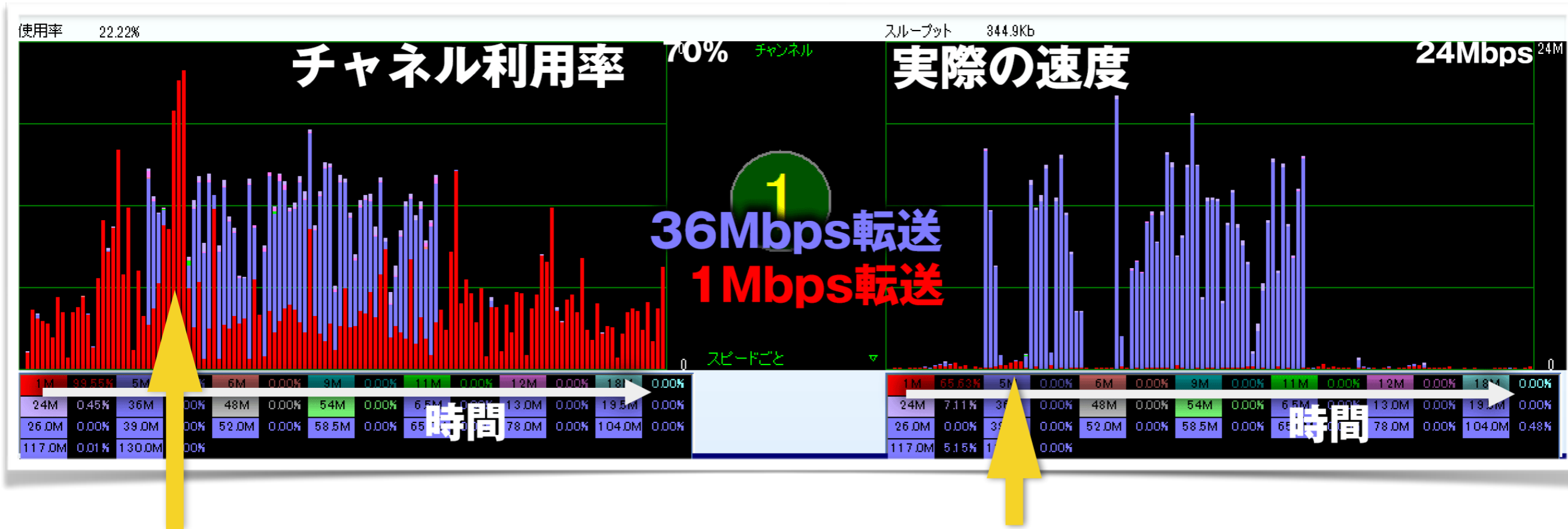
遅い端末がいる状態ってどんなの？



某所 改善前

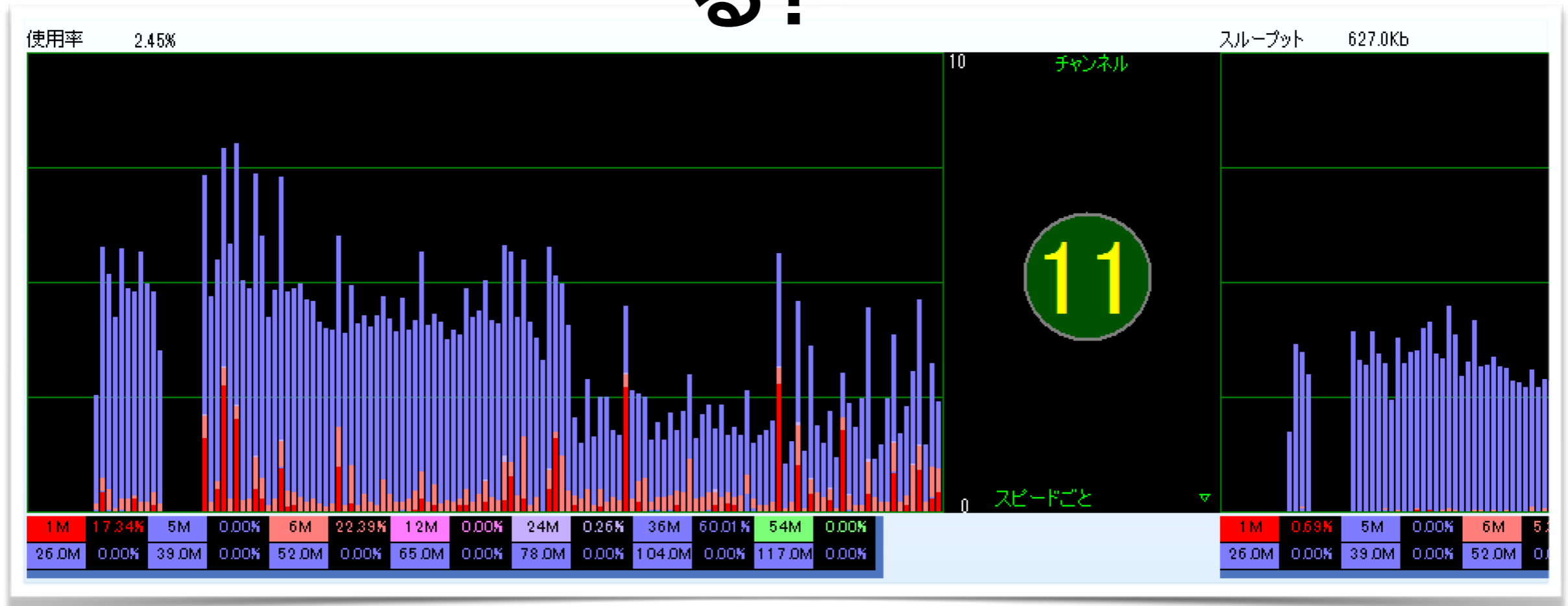
- ・ チャンネルの使用率 74.67% (高すぎる)
- ・ それなのにスループットが769Kbしか出ていない

遅い端末ってどれくらい邪魔？



- 横軸は同じ時間
- 矢印のタイミングで、赤(1Mbps)はチャンネル利用率をすごく上昇させているのに、スループットが全然出ていない

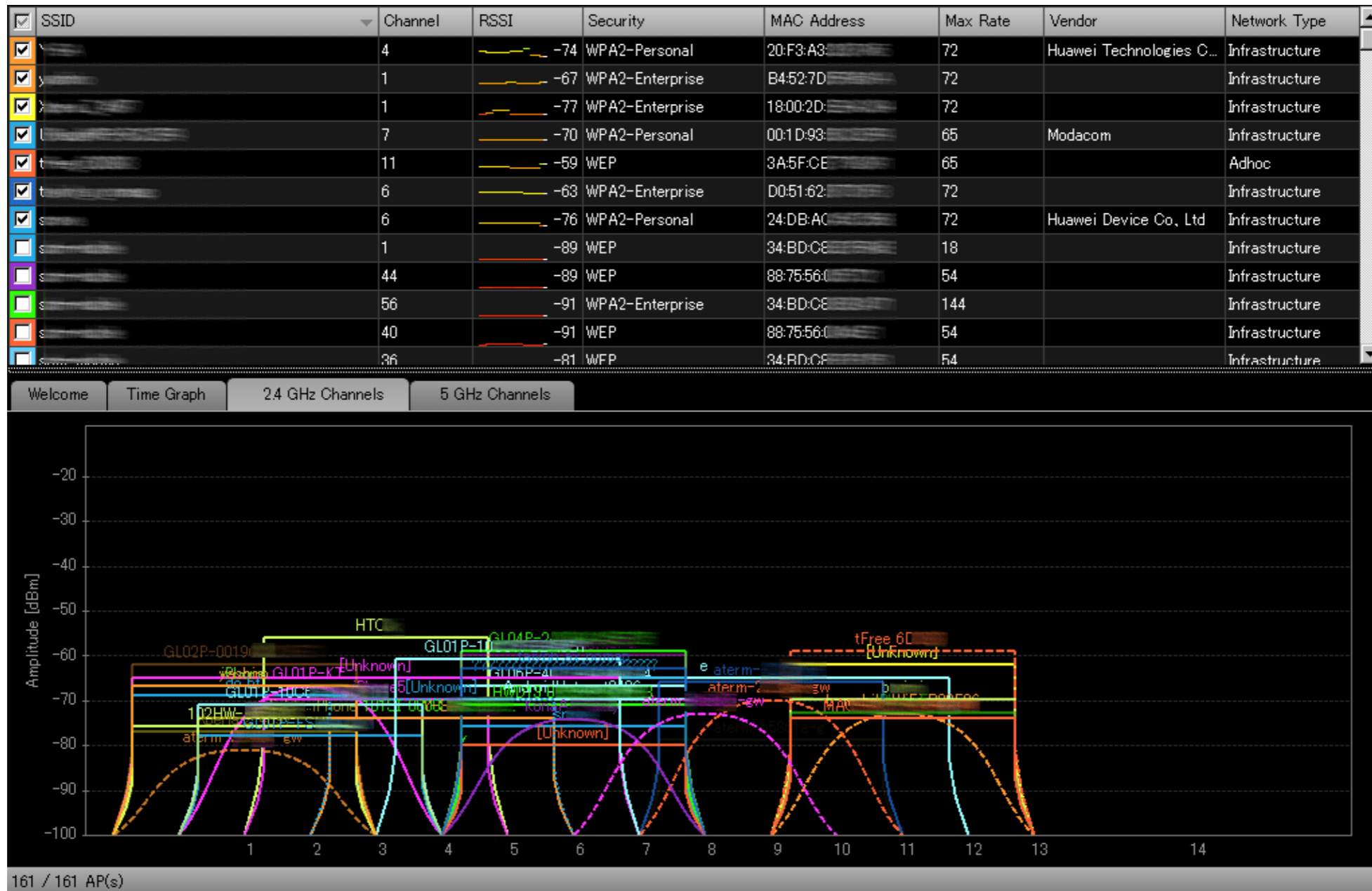
遅いデータレートを禁止するとどうなる？



某所 改善後

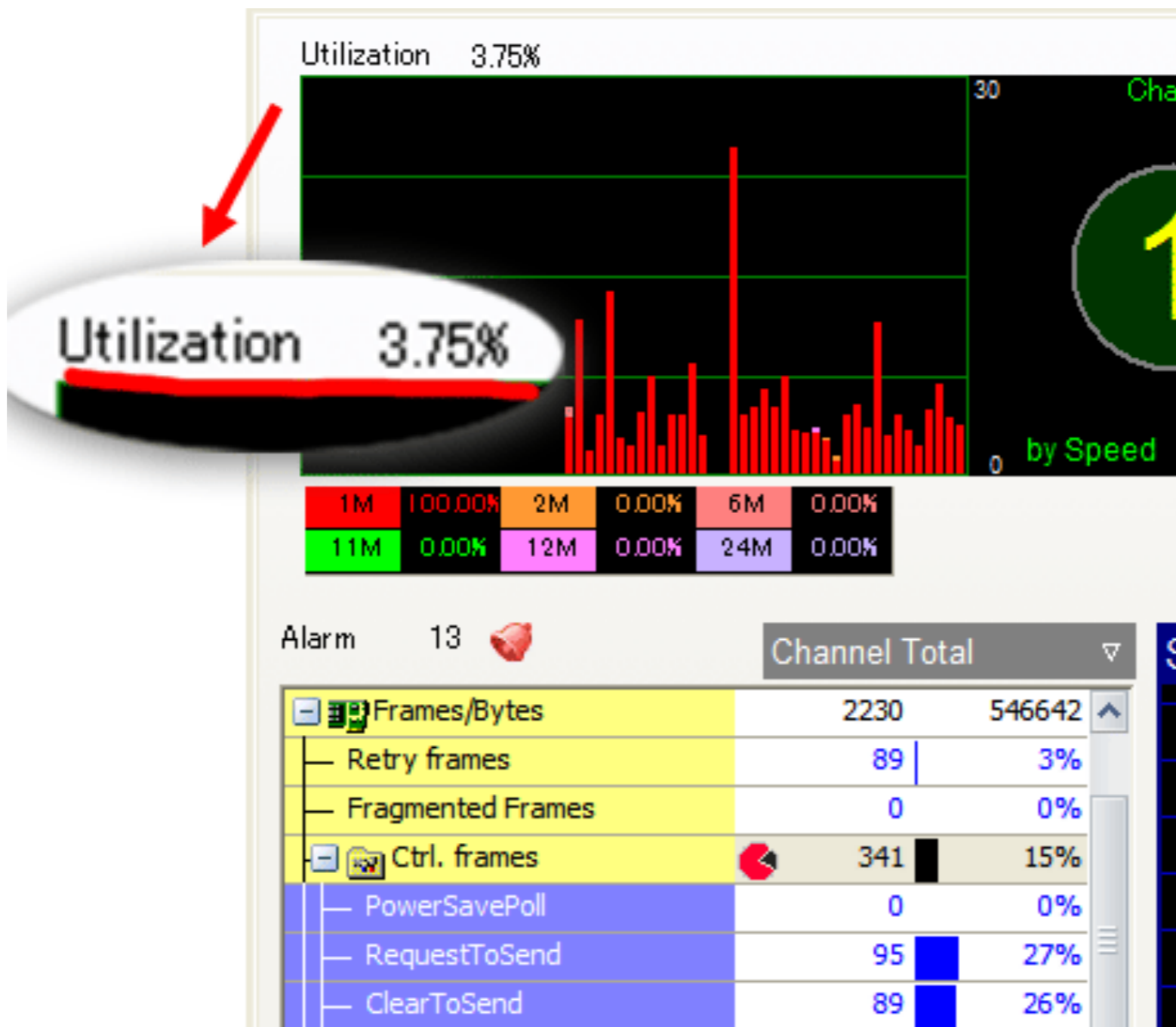
- ・ 最低を36Mbpsに設定、それ未満を禁止
- ・ チャンネル使用率を約75%→2.5%まで改善

inSSIDer, Wi-Fi Analyzer などの簡易なソフト



結構混んでいるように見えるけど……

inSSIDer, Wi-Fi Analyzer などの簡易なソフト

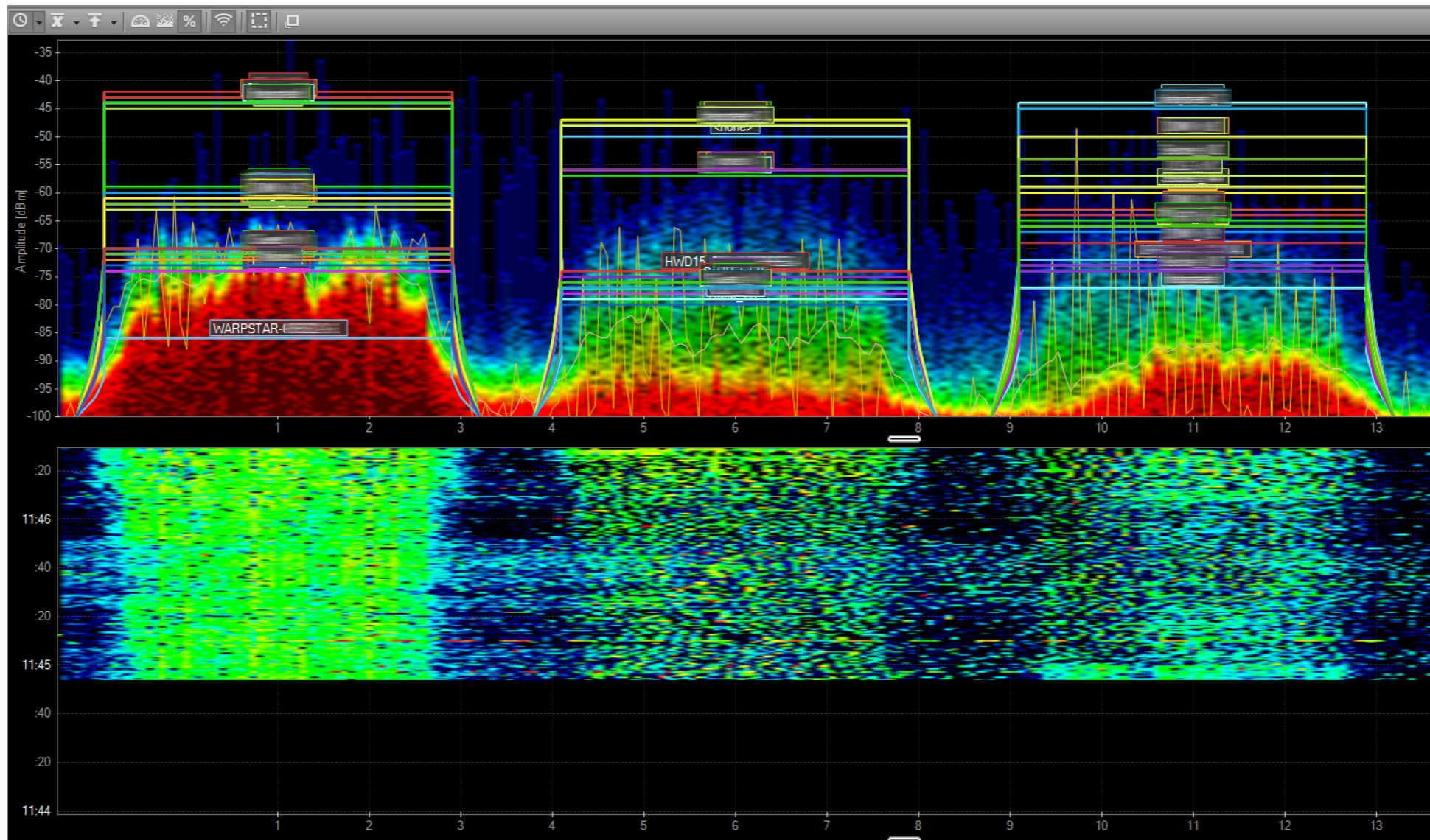


AirMagnetで見ると実はそれほどでもないことも…

ビーコンとチャネル利用率

- inSSIDerなどは「ここにAPがありますよ」というAPからのビーコンの電波強度だけを計測している
- 実際にそのAPがどれくらい使われているかは分からない。あまり使われていなければ影響は少ない

どれくらい使われている？



WiSpy+Chanalyzer

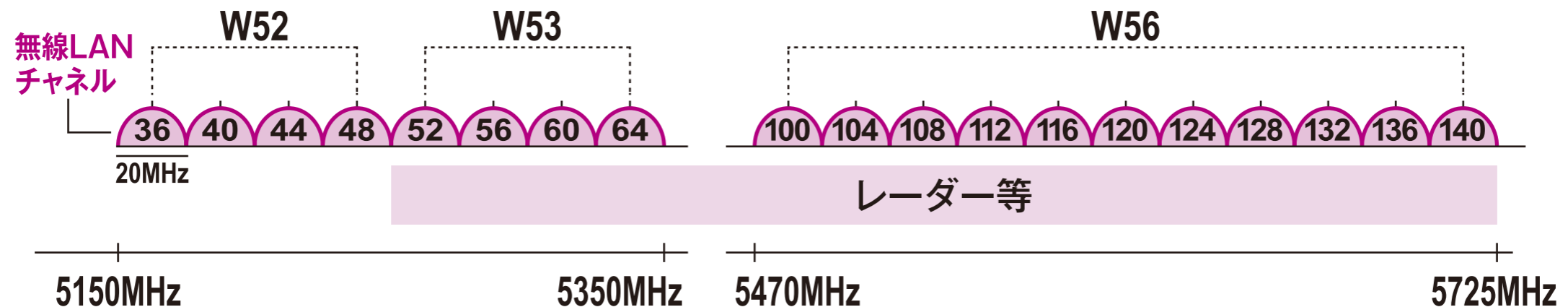
右端のチャンネル(11ch)に大量のAPが見えるが、
利用率が高いのは左端の1ch

ビーコンとチャネル利用率

- ・ PCのソフトだけでは無線LANの状況を正確に把握することは困難
- ・ でも、APがたくさん存在するということは、混雑している可能性もそれなりに高いかもしれない

DFS

レーダーの電波が存在したら送信してはいけない



- 5GHz帯には先客である気象レーダーがあるため、レーダーがいたら別のレーダーがないチャンネルに変更する義務がある
- レーダーがないことを最低1分間は確認する義務があり、1分以上何も送信できなくなるため、接続が途切れる原因となる
- 802.11a, 20MHz幅で使っていたときはチャンネルに余裕があったが、チャンネルボンディングによってバンド幅を広く使うようになり、DFSの影響を受けやすくなった
- 最近の製品ではレーダー波が検出されたらチャンネルボンディングをフォールバックして縮退しつつ停波は避けるようになっていたり、レーダー波を検出する前から他のチャンネルをスキャンしておき、できるだけ停波しないでチャンネルを変更する技術が用いられている

DFSの頻度

```
Nov 01 00:03:48 srv1234-vm001-rsyslogd snmptrapd[1347]: 2017-11-01 00:03:48 <UNKNOWN>
[UDP: [10.1.1.1]:56575->[10.1.1.2]:162]:#012DISMAN-EXPRESSION-MIB::sysUpTimeInstance
= Timeticks: (2377551800) 275 days, 4:18:38.00#011SNMPv2-MIB::snmpTrapOID.0 = OID:
SNMPv2-SMI::enterprises.14179.2.6.3.81#011SNMPv2-SMI::enterprises.14179.2.2.1.1.1.0 =
Hex-STRING: A0 E0 AF 00 00 00 #011SNMPv2-SMI::enterprises.14179.2.2.2.1.1.0 =
INTEGER: 1#011SNMPv2-SMI::enterprises.14179.2.2.2.1.4.0 = INTEGER: 52#011SNMPv2-
SMI::enterprises.14179.2.2.1.1.3.0 = STRING: "AP_NAME"
```

AP(WLC)のログからDFSが起きたチャンネルとAP名を拾って、

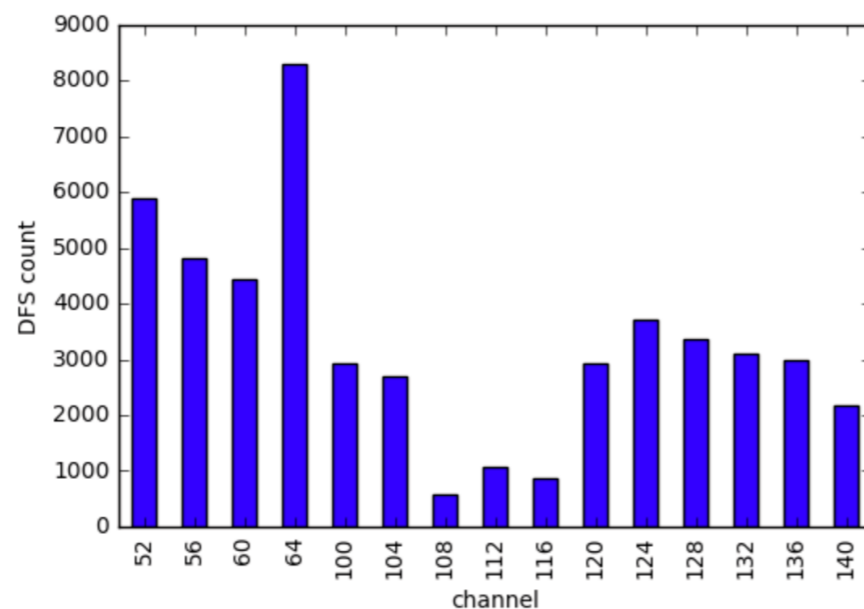
```
In [1]: %matplotlib inline

import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import sqlalchemy

engine = sqlalchemy.create_engine('sqlite:///dfs2.sqlite3')
query = 'SELECT * from dfs order by timestamp'
df = pd.io.sql.read_sql(query, engine, index_col='timestamp')
```

```
In [2]: ax = df.groupby('ch').size().plot(kind='bar')
ax.set_xlabel("channel")
ax.set_ylabel("DFS count")
```

Out[2]: <matplotlib.text.Text at 0x7f0406b29470>



チャンネルごとに集計

AP(=場所)ごとにも偏りがあり、
それも役立つ

awk とエクセルなど、道具はなん
でもいい

DFSの頻度



https://twitter.com/n_kane/status/935742496524656645



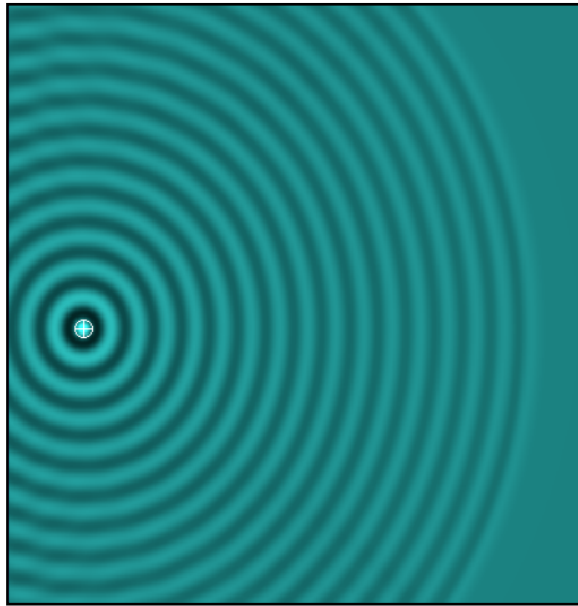
DFS対象レーダー局マップ (by @n_kane)

https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1HN0HXt1HLAMVC1b2YfaTzyM_hLMOQVjS

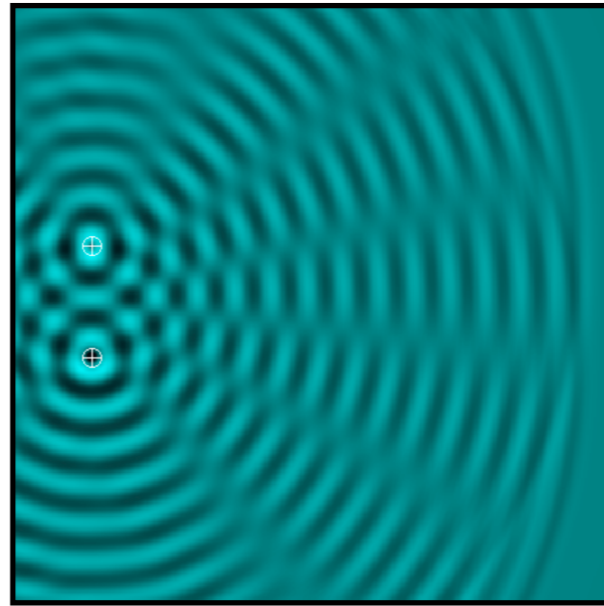
無線LANの技術

MIMO

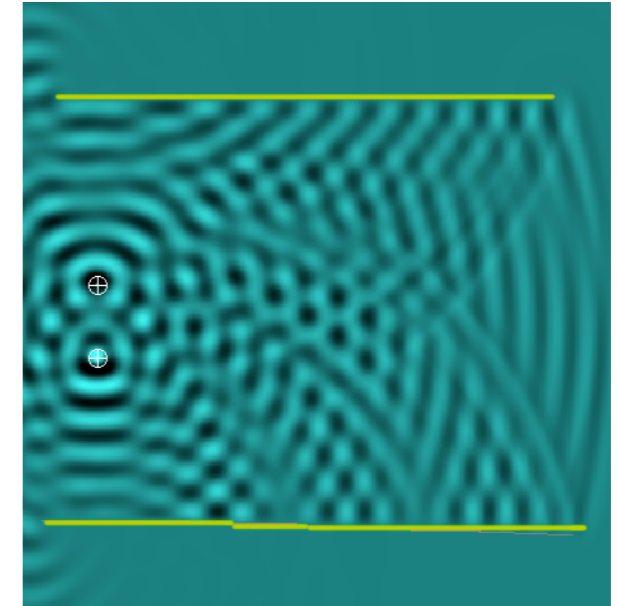
電波を波紋としてイメージしてみる



送信アンテナ1つ



送信アンテナ2つ



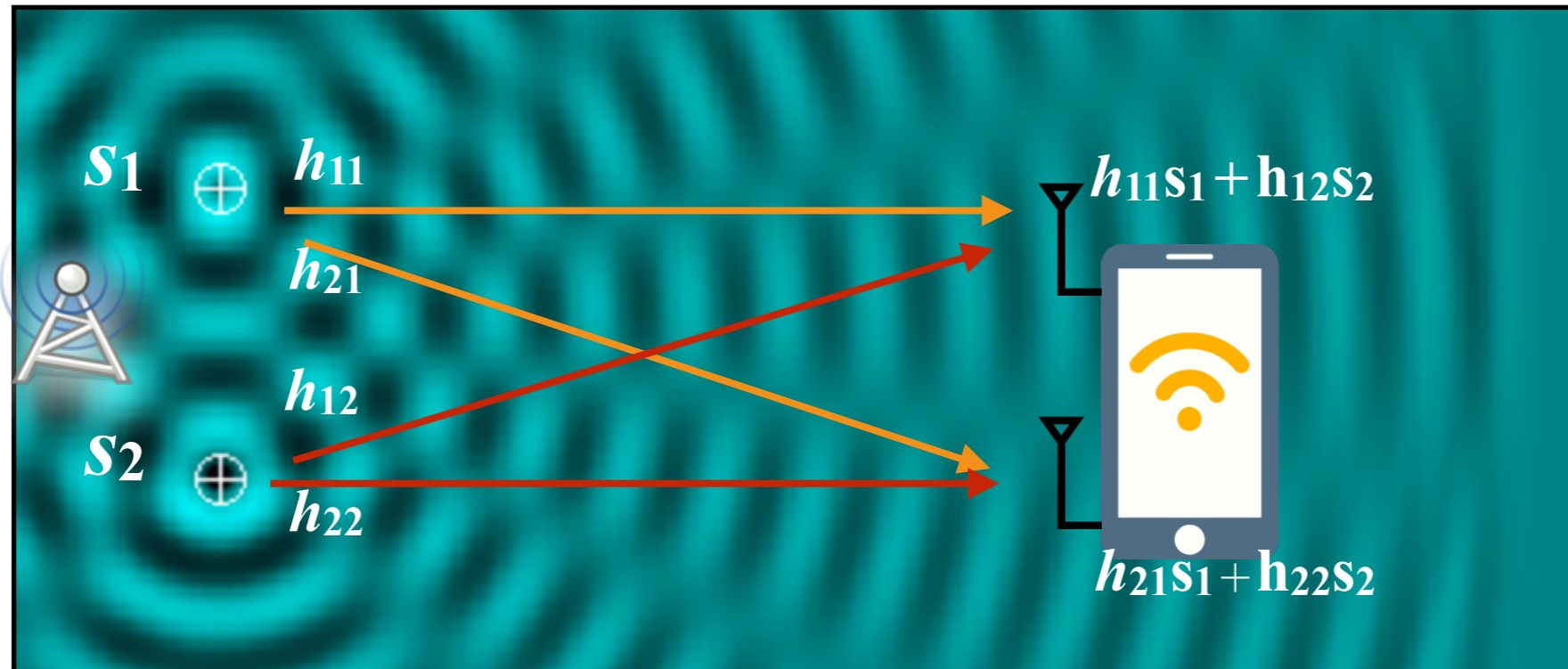
送信アンテナ2つ(壁あり)

ひとつのチャンネルにて、複数のアンテナを使用して
複数のストリームを同時に送信するのがMIMO

でも同じチャンネルで同時に通信できるのは1:1だったのでは…?
どうして同じチャンネルで複数送信できるのか?

MIMO

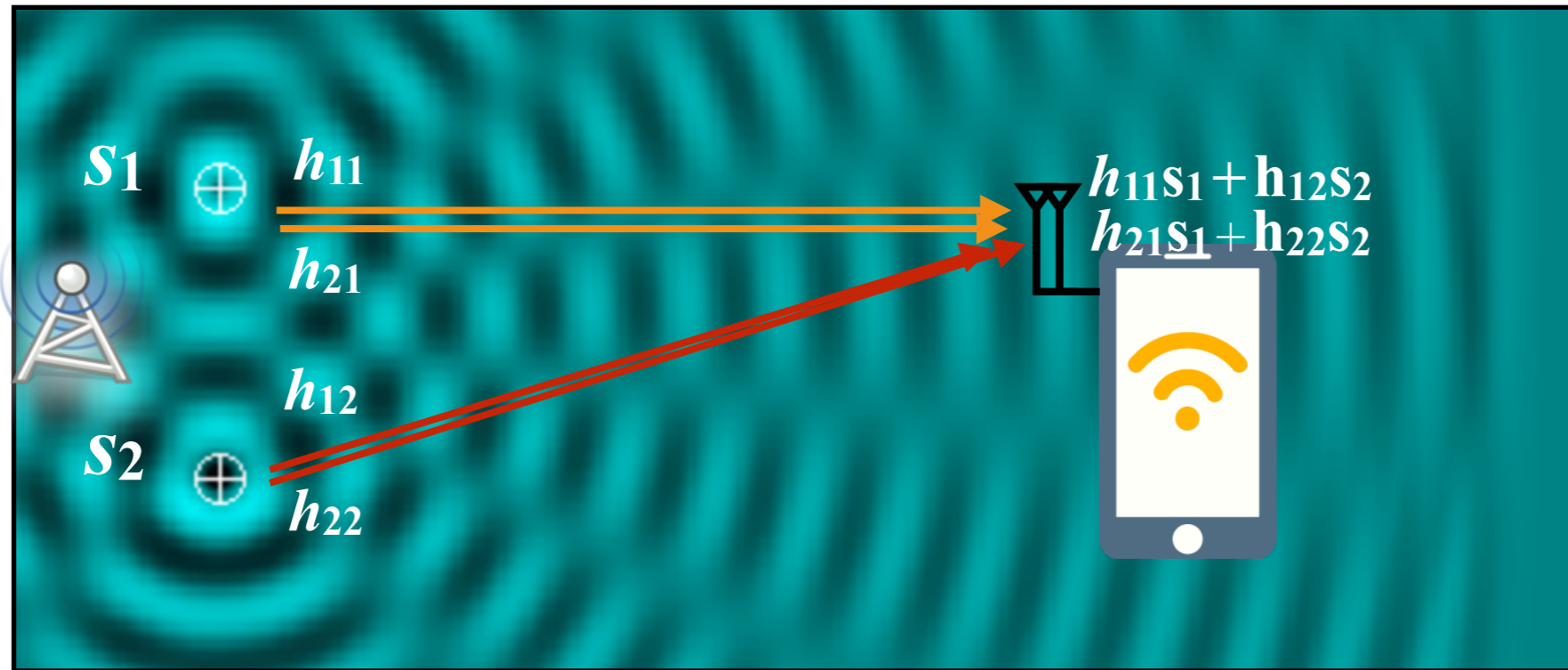
2つの信号(s_1, s_2)を同時に送受信したい



1. 受信側のアンテナでは s_1, s_2 が混ざって受信される
2. 伝送路が4つあり、その応答を調べておく
3. 伝送路が既知なら s_1, s_2 に関する連立方程式を解ける
4. 端末で s_1, s_2 が分離できる
5. 帯域幅が2倍になった、めでたし

MIMO

もしアンテナが物理的に離れていなかったら？ (伝送路の空間相関高)

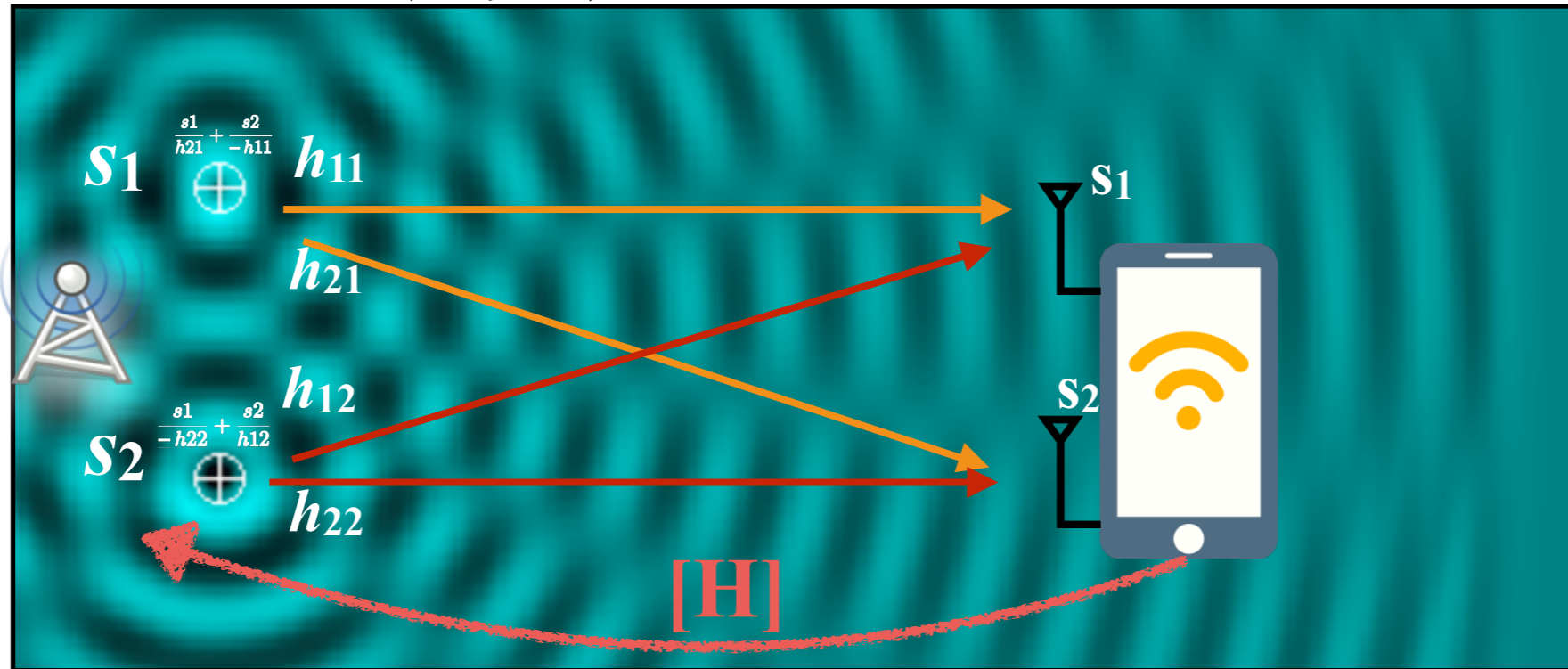


アンテナが近いと

- 相互に回り込みが発生して分離が難しくなり、特性が劣化する
 - 0.5λ くらいは離したい
 - でもアンテナを離すと端末の小型化が難しくなる
 - MIMOストリーム数(アンテナ数)を増やすとさらに小型化が難しい
- そもそも分離の計算がけっこう大変なのですよ…それならば…?

MIMO

2つの信号(s_1, s_2)を同時に送受信したい その2

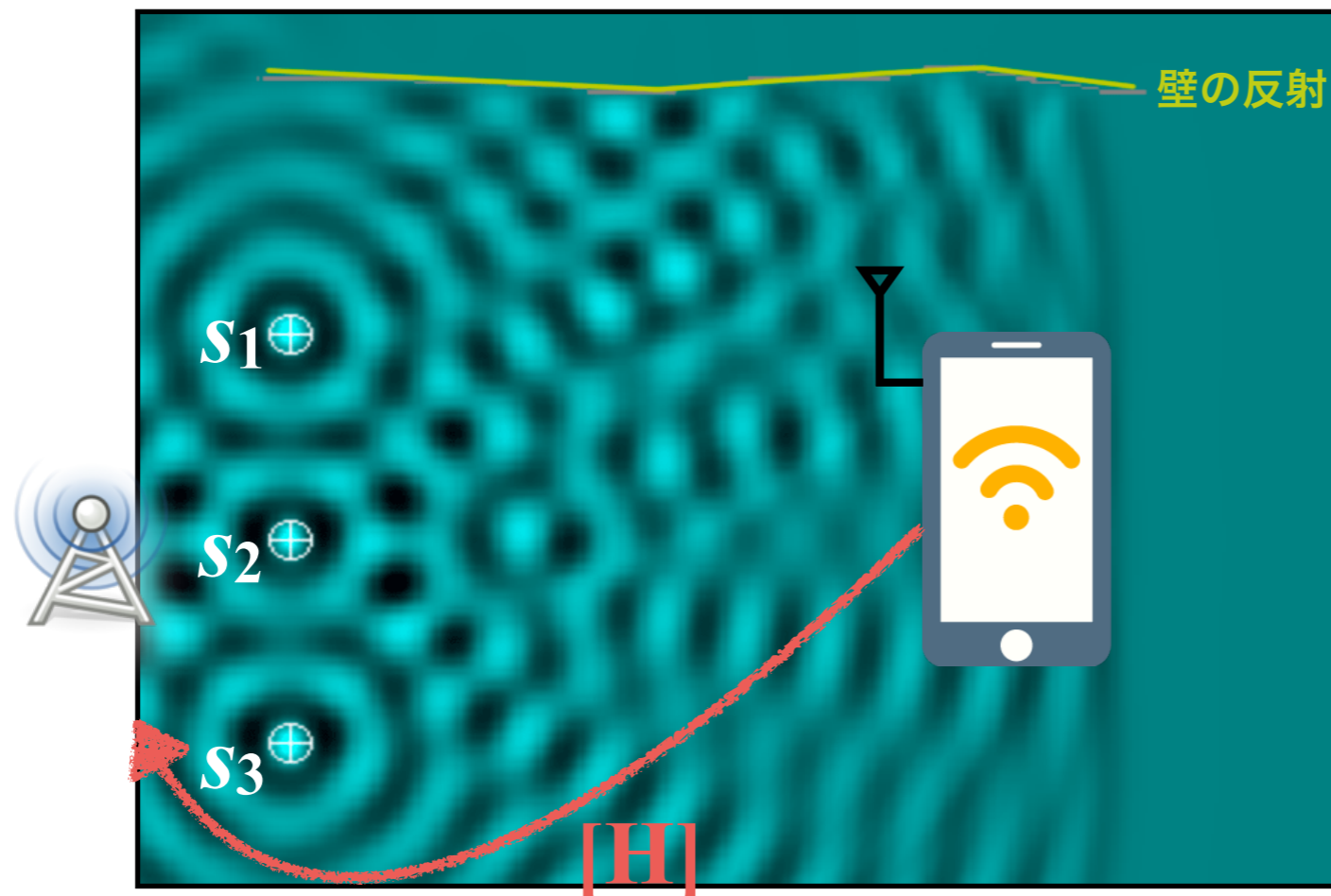


1. 伝送路が4つあり、端末はその応答を調べてAPに送り返す
2. APは伝送路の応答がわかっているので、端末のそれぞれの受信アンテナで s_1, s_2 が分離済みになるように*、データ送信前に事前加工してから送信する
3. 端末側で分離の計算をしなくてよいので省電力化に有利

*端末のアンテナのうち、受信対象でないほうのアンテナで電力が最小(null)になるように加工する

ビームフォーミング

干渉や反射の合成を味方につけて波が強くなるところを作る

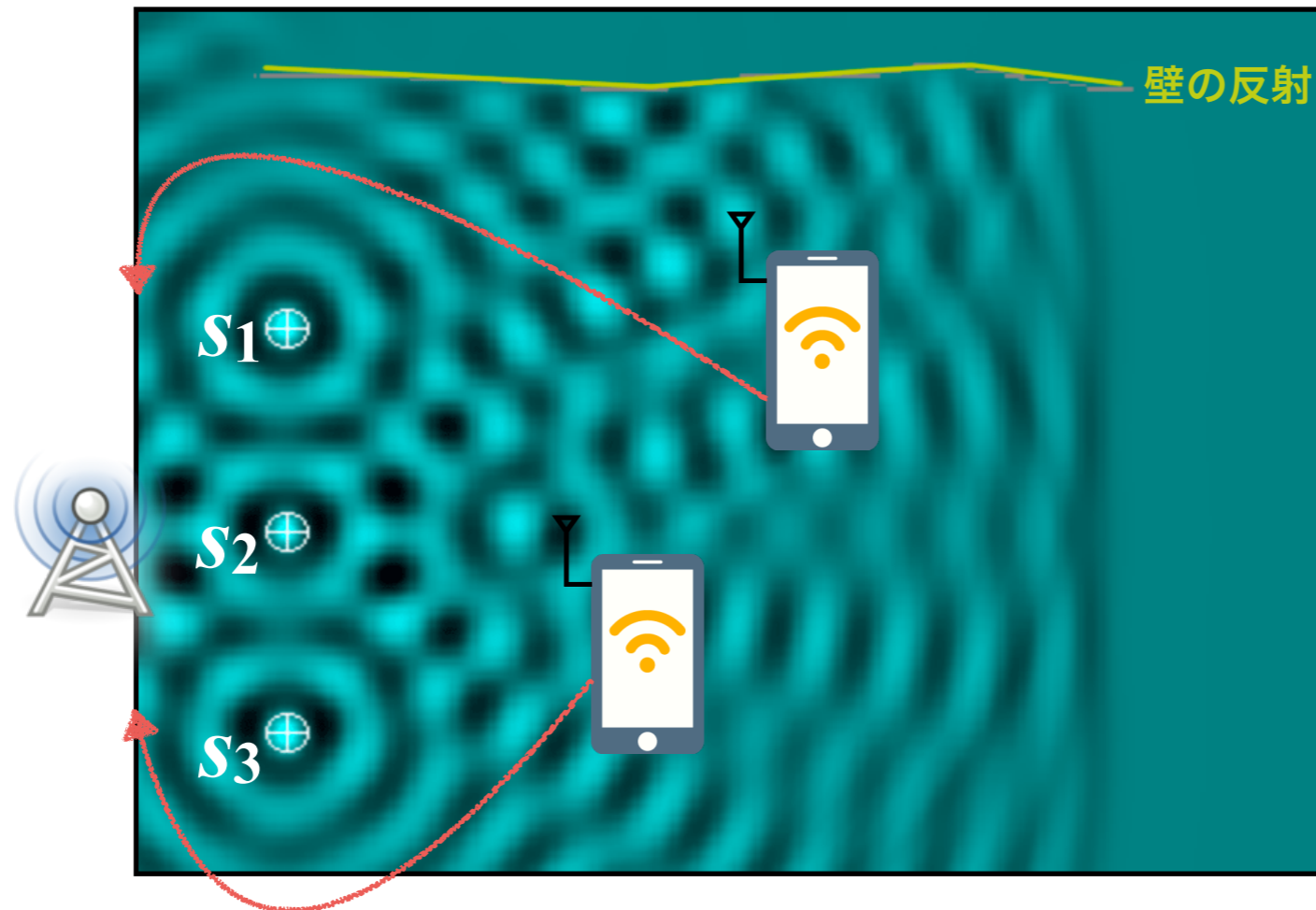


1. 伝送路が多数あり、端末はその応答を調べてAPに送り返す
2. APは伝送路の応答がわかっているので、端末のそれぞれの受信アンテナで s が最大の電波強度になるように事前加工してから送信する*
干渉や壁の反射で波の濃淡をうまく作って、端末の存在する場所の波が強くなるようにする

*MIMOのように複数の送信機から同時送信するのではなく、アレイアンテナをアナログ的にスイッチングして指向性を作る方法もあります。

MU-MIMO

ビームフォーミングで空いた地点、空いたなら使ってしまう



1. 複数いる端末はその応答を調べてAPに送り返す
2. APはそれぞれのフレームが、宛先の端末で電波強度最大になり、宛先でない端末では最小になるように事前加工する
3. 事前加工したフレームを同時に複数宛に送信する
4. 端末はひとつずつACKを返す

おまけ

オフィス街と郊外を測定しながら走ってみた

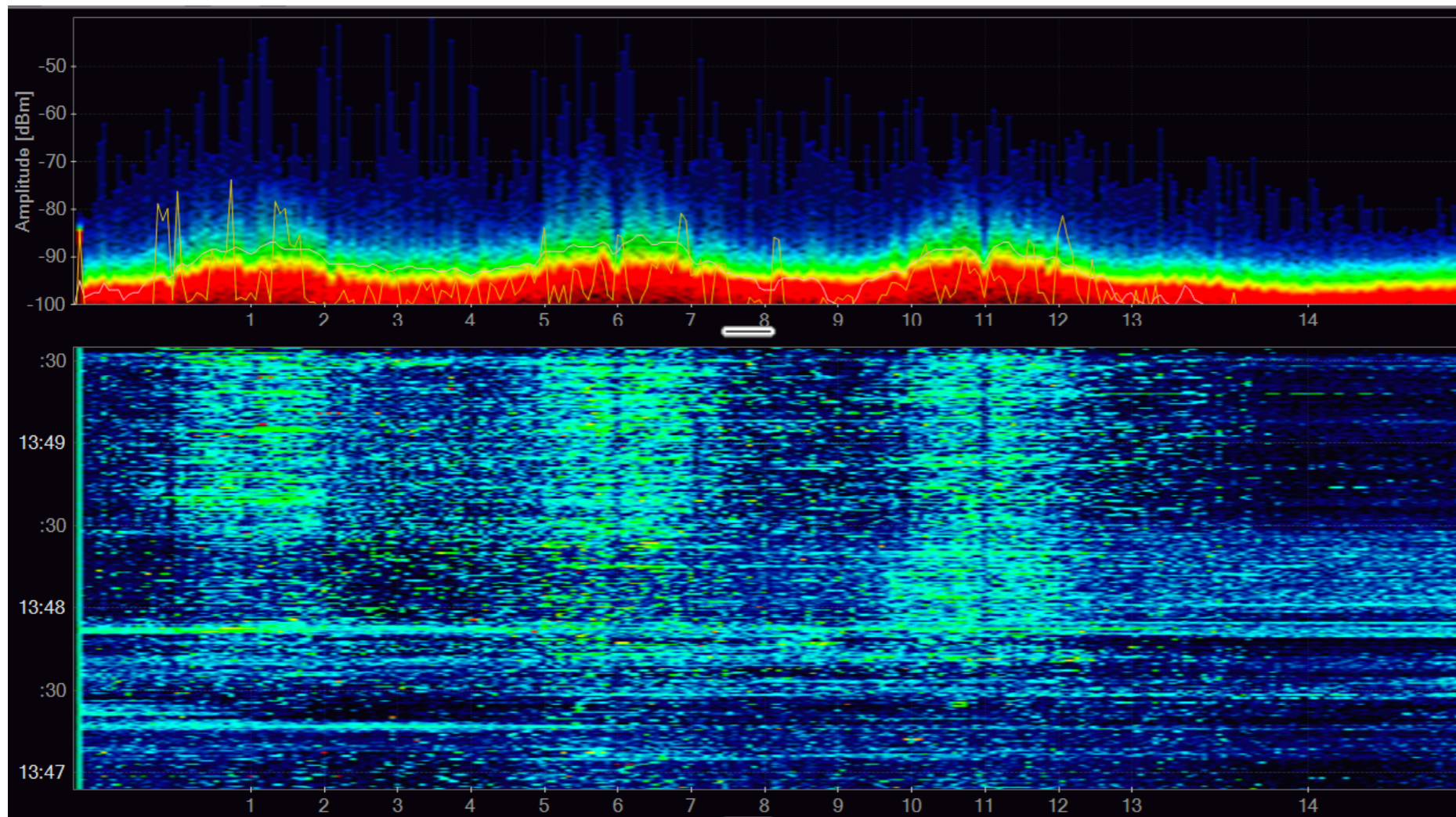


metageek Wi-Spy

オフィス街と郊外を測定しながら走ってみた

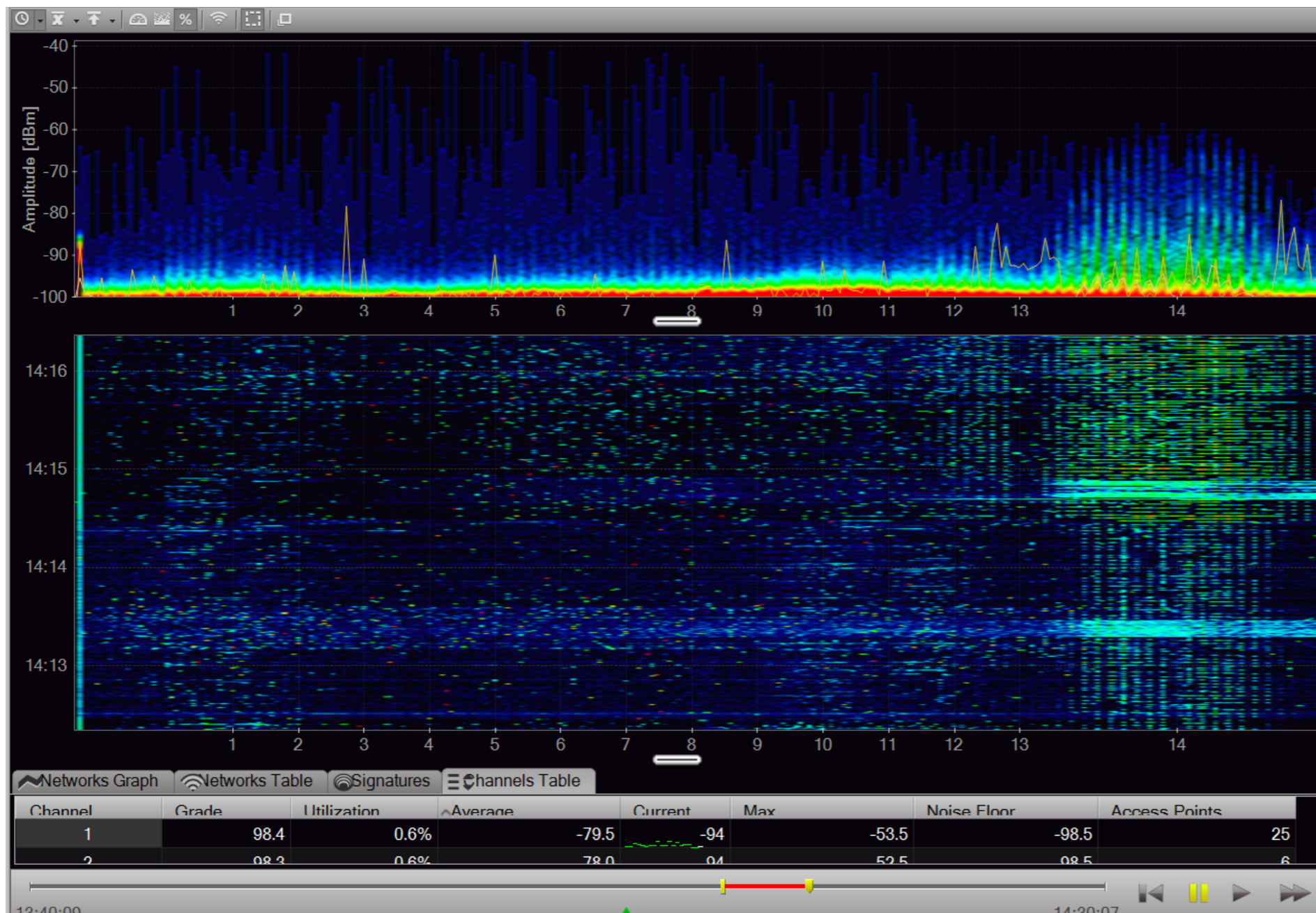
<https://www.youtube.com/watch?v=ACEFav1c908>

オフィス街と郊外を測定しながら走ってみた



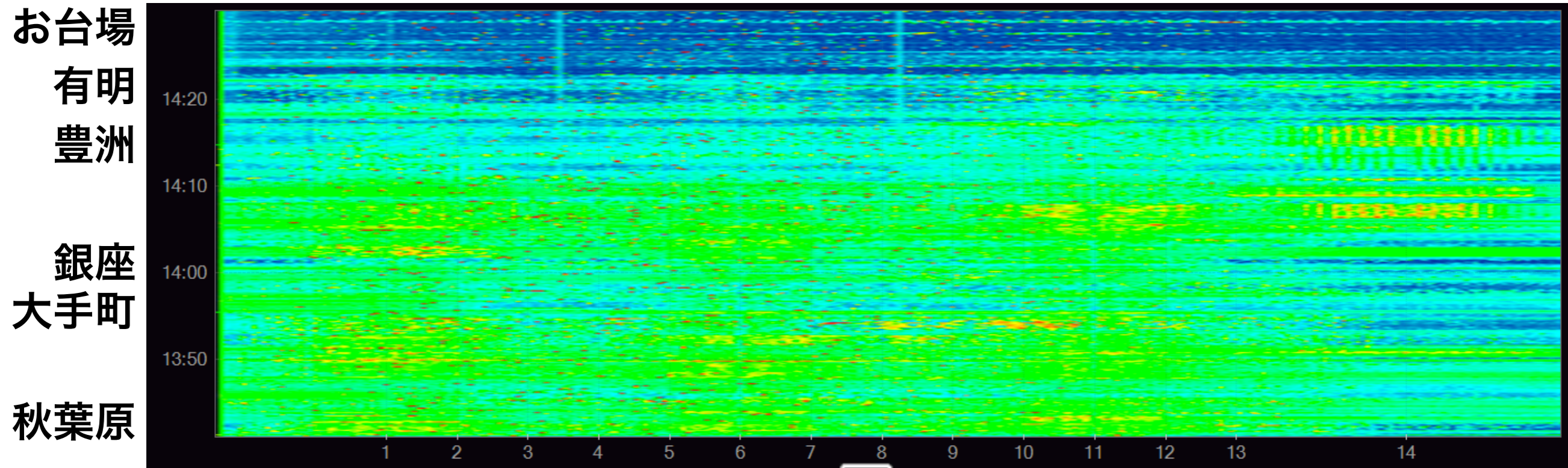
無線LANの電波の例
チャンネルの中央に凹み

オフィス街と郊外を測定しながら走ってみた



無線LAN以外の
データ通信か

オフィス街と郊外を測定しながら走ってみた



秋葉原～神田～大手町～銀座～豊洲～有明～お台場
繁華街から海へ向かうにつれ電波が減っていく

オフィス街と郊外を測定しながら走ってみた

- ・ 無線LANではないと思われる電波がかなり多い
- ・ 繁華街では少し移動しただけで状況が大きく変わる
 - ・ 一般的に「こうなっている」とは言いにくい
- ・ 無線LANの電波だけを拾うツールでは分からない

__END__