

無線 AP 配置の適正化による電波利用率の向上

Improved utilization of wireless lan by planning the placement of wireless access points

本村真一 †, 木本雅也 †, 大野賢一 †

Shin-ichi Motomura†, Masaya Kimoto†, Ken-ichi Ohno†

motomura@tottori-u.ac.jp, kimoto@tottori-u.ac.jp, ohno@tottori-u.ac.jp

鳥取大学総合メディア基盤センター †
Information Media Center, Tottori University†

概要

スマートフォンや iPad に代表されるタブレット型端末の登場で、鳥取大学においても無線 LAN の需要が増大している。この需要を満たすため、既存の無線 AP を再配置することで無線 LAN のカバーレッジエリアの拡大を検討している。無線 AP の再配置には、配置前のシミュレーションの実行だけでなく、配置後にサイトサーベイを実施し、シミュレーション結果との比較を元に再設置箇所を検討する必要がある。本取り組みでは、シミュレーションの精度を向上させるため、配線工事を伴わない範囲で無線 AP の配置を見直した。再配置と同様に、本取り組みでもシミュレーションとサイトサーベイの結果を比較している。使用したシミュレーションソフトウェア、AirMagnet Planner は 2 次元平面を対象としおり、各階に設置した無線 AP だけを対象としたサイトサーベイの結果と比較すると、適切にシミュレーションができることが分かった。しかしながら、実際には上下階に設置した無線 AP からの電波が大きく影響するため、作業による予測にてこの問題に対処した。本作業による知見はそのまま再配置作業に適用できるため、有益な結果が得られたと考えている。

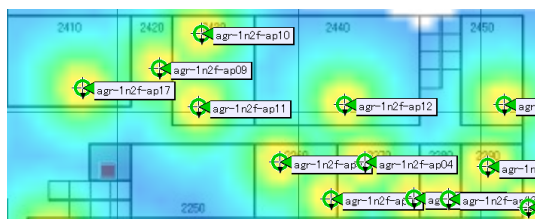
キーワード

無線 LAN, 電波サーベイ, 無線 LAN プランニング

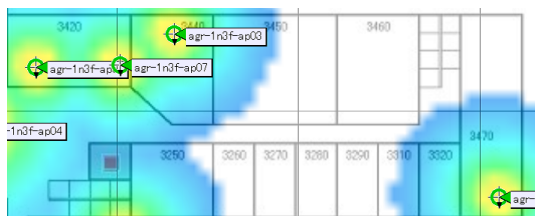
1 はじめに

鳥取大学では、基本的に全ての学生にパーソナルコンピュータ（以下、「PC」という。）を講義時に持参するよう義務付けている。そのため、鳥取大学では教育用情報ネットワークと呼ぶ、有線 LAN と無線 LAN を全学的に整備している。講義室の多くは、講義において PC を活用できるように、卓上に有線 LAN の情報コンセントと電源タップを配置している。また、学生が PC を活用できるように、学部校舎や図書館のみならず学内の多くの箇所でも無線 LAN の提供を行っている。鳥取大学では、学生数 6,500 名程度に対して 300 台程度の無線 LAN アクセスポイント（以下、「無線 AP」という。）

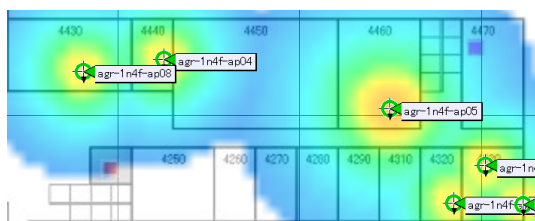
を配置している。これは、一台の無線 AP で 20～30 程度の無線 LAN 子機が利用できることを考えると、単純計算では全学生分の無線 LAN の同時接続がまかなえる台数である。しかしながら、実際には学生活動を広範囲に支えられるようには無線 LAN の提供ができていない。実のところ、これらのネットワークの整備は鳥取大学総合メディア基盤センター（以下、「センター」という。）ではなく、教育を担当する部署で 2002 年から整備されたものである。これが近年の大学運営の効率化に伴い、鳥取大学においてもネットワーク管理の一元化が行われることになり、2010 年度からこれらのネットワークもセンターに運用・管理、整備の役割が移譲された。センターにて教育用情報ネットワークの管理を行う



(a) 2F の設置状況



(b) 3F の設置状況



(c) 4F の設置状況

図- 1: 農学部 1 号館北東位置の無線 AP 設置状況

ことになった際、無線 LAN については次の点の調査を行った。

1. 無線 LAN の接続方法（セキュリティ管理）
2. 無線 AP 設置個所の適正性

無線 LAN の接続方法については、それまで WEP-PSK を用いて無線 LAN を接続し、その後 VPN ソフトウェアを用いる方式であった。VPN 接続は IPsec トンネリングによる暗号化と、ユーザ名とパスワードの認証を行うため、WEP-PSK であっても十分なセキュリティを確保していたが、VPN ソフトウェアの配布管理に関する問題や、クライアント OS の多様性への対応が難しいという問題があった。そこでセンターでは、無線 LAN の接続方法を WPA2-PEAP に改めた。学内からは、接続方法がより簡易になるよう、WPA2-PSK と WEB 認証を組み合わせた方式の希望もあった。これは、WPA2-PSK により無線 LAN 子機の認証と暗号化を行い、その後 Web やメール等の IP サービスを利用する際には、ブラウザを用いてアカウントによる個人認証を行う Web 認証と組み合わせた方式である。しかしながら、PSK を用いた方式は PSK の更新管理の問題がある

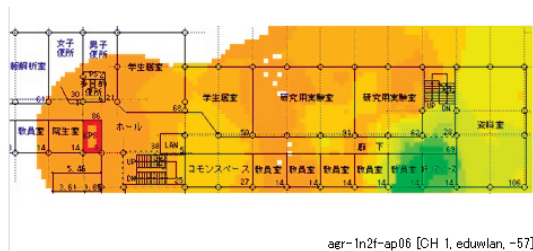
ことと、無線 LAN の暗号化に用いている一時鍵交換時の 4 ハンドシェイクを傍受することで、無線 LAN の盗聴や不正侵入が可能になることから、全学生を対象とした無線 LAN の接続方法には不向きであると判断した。

次に、無線 AP の設置個所の適正性を判断するために、無線 LAN のカバレッジエリア及び各無線 AP の同時接続数の調査を行った。本学の無線 AP は Cisco 社製 Aironet シリーズを使用し、Cisco 社製 Cisco Wiress Control System[1]（以下、「WCS」という。）を用いて管理しているため、本調査については WCS の機能を用いて行った。カバレッジエリアとしては、全校舎の 1/3 程度のカバー率であったが、無線 LAN の提供を希望する学部を優先的に整備を進めていたことから、学生から提供範囲についての不満は少なかった。無線 AP の同時接続数についても、1 箇所を除き同時接続数 20 を上回る個所はなかった。

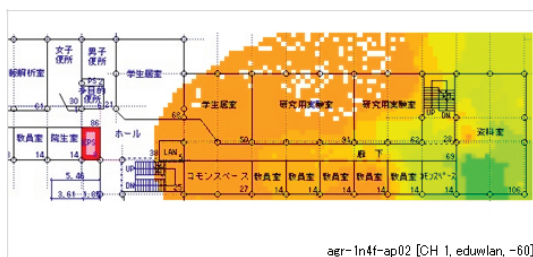
上記調査結果から、無線 AP の配置については一見問題ないように見えるが、本調査を通して実際にはいくつかの問題があることが分かった。図 1(a) は 2011 年 4 月の本学農学部 1 号館 2 階北東位置の無線 AP の設置状況を示している。この図の丸印及び吹き出しが無線 AP を示しているが、図の左上及び右下の方には無線 AP が多く設置されていることが分かる。図 1 の建物サイズが約横 38m × 縦 13m であることから、無線 AP が電波干渉を起こすほど密集していることが分かる。実際、無線 AP が近くにあるにも関わらず、無線 LAN の接続に支障がある旨報告を受けたこともあった。

IEEE 802.11b 及び IEEE 802.11g（以下、「IEEE 802.11b/g」という。）で使用する 2.4GHz 帯では最大 4 チャンネルしか使用できない。さらにはチャンネル 14 は日本でのみ利用できるため、多様な無線 LAN 子機に対応することを考えると、チャンネル 14 を除いたチャンネル 1 ~ 13 で運用するほうが望ましい。その場合、干渉を避けるためには、使用するチャンネルの前後 2 チャンネルの使用を避ける必要があるため、最大 3 チャンネルで運用することとなる。本学の無線 AP は、IEEE802.11b/g だけでなく、5GHz 帯の電波を用いた IEEE 802.11a も提供しているが、学生が利用する PC に搭載されている無線 LAN 子機によっては、IEEE802.11b/g にのみ対応していることも多い。そのため、無線 LAN の設計としては IEEE 802.11b/g が利用できることを前提に考える必要がある。

また、本学の Aironet は Lightweight と呼ばれるモードで運用しているため、無線 AP 同士の電波が干渉しないように自動的に電波出力を下げる機能がある。そのため、無線 LAN のカバレッジエリアが小さくなり、無線 AP の個数に対して電波の提供効率が悪い状態であった。本無線 LAN システムを構築した他部署においても、無計画に導入したわけではないと考えられるが、



(a) 2F の無線 AP からの電波



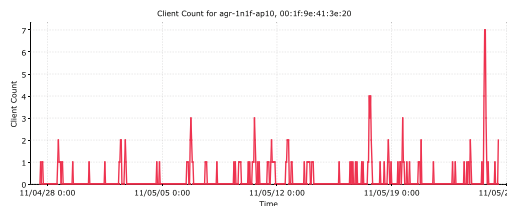
(b) 4F の無線 AP からの電波

図- 2: 農学部 1 号館 3 階における上下階の無線 AP の影響について

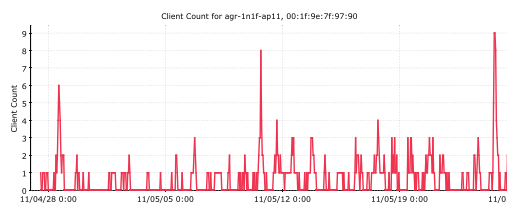
構築後の調査においてこのような不適切な状況が発見できるということは、それだけ無線 LAN の導入計画の立案が難しいことを示していると考えられる。

上述の理由から、無線 AP の配置を見直す必要があることが分かったが、他にもその必要性が生じており、全学的に無線 LAN の利用が活発になっていることがあげられる。おそらく他大学も同様だと考えられるが、スマートフォンや iPad に代表されるタブレット端末の利用が活発になっていることが原因であると思われる。これは、情報端末や通信セキュリティに制限のある企業に比べて、研究や教育活動の多様化を支持する大学においては特に顕著だと思われる。これらの端末では無線 LAN が必須であり、そのため各研究室などで独自に無線 AP を設置する傾向にある。カバレッジエリアを考慮することなく無線 AP を設置することから、電波環境を悪化させるだけでなく、無線 LAN のセキュリティについても管理を難しくしている。そのため、これまでは学生向けに提供していた無線 LAN を教職員向けにも提供し、独自の無線 AP を不要とする対策が必要だと考えているが、無線 AP の数を単純に増やすことは経費の観点から難しい。そこで、無線 AP の電波出力を最大限大きくできるように再配置を行うことで、既存の無線 AP を使ってカバレッジエリアの拡大を図ることとした。

無線 AP の再配置は、どこに何台無線 AP を設置すれば良いかシミュレーションを行うことになる。無線 AP の配置にはカバレッジエリア以外にも、無線 LAN 子機の最大同時接続の問題もある。そのため、再配置につい



(a) agr-1n2f-ap10



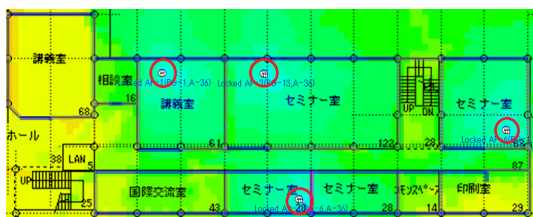
(b) agr-1n2f-ap11

図- 3: 農学部 1 号館北東位置の無線 AP 毎の同時接続数

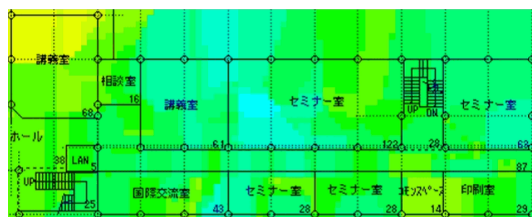
ては次のステップで検討を行うこととなる。

1. カバレッジエリアの各範囲における無線 LAN 子機の同時接続数を把握する
2. 無線 LAN のプランニングツールを用いて電波シミュレーションを行う

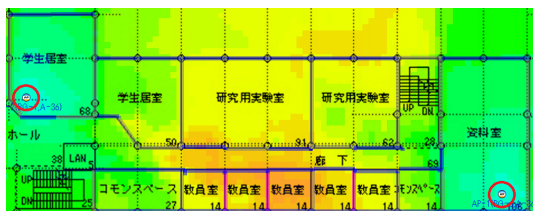
しかしながら、電波シミュレーションを正確に行うにはレイアウト図面の作成のみならず、壁や扉などによる電波減衰特性の正確な入力が必要とする。その他、各部屋に設置されている棚等の物体も実際の電波の伝搬に影響を与えるため、本来はシミュレーション時にデータとして与える必要がある。また、多くのシミュレーションソフトウェアは 2 次元空間を設計対象としているが、本学の建物においては上下 1 階分については高い電波の透過性があるため、2 次元のシミュレーションだけでは十分に対応できない。図 2(a)、2(b) は農学部 1 号館 3 階北東位置において、FLUKE networks 社製 AirMagnet Survey Pro[2] を用いて無線 LAN の電波を調査（以下、「サイトサーベイ」という。）した結果の抜粋である。ともに図の右下に位置する部屋において、2 階もしくは 4 階に設置された無線 AP から -60dB 前後の信号強度が検出されている。Cisco 社の資料 [3] によれば、-65 ~ -70dB で安定した無線 LAN 接続が保たれる旨記述があるが、実際の利用環境では -65dB 以上の信号強度が必要だと感じている。この違いは、無線 LAN 子機の性能の違いなどの理由が考えられるが、いずれにしろ十分に無線 LAN が利用できる信号強度であるとともに、電波干渉の点からも無視することはできない。無線 AP のアンテナを工夫することで、上下階に対して電波が透過しないよう対策を講ずる方法も考えられるが、



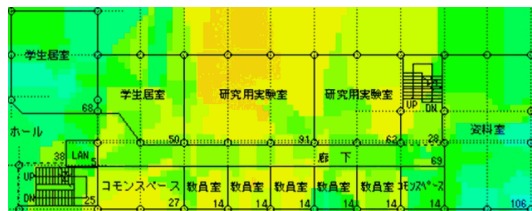
(a) 2F のシミュレーション結果 (無線 AP を 8 台削減)



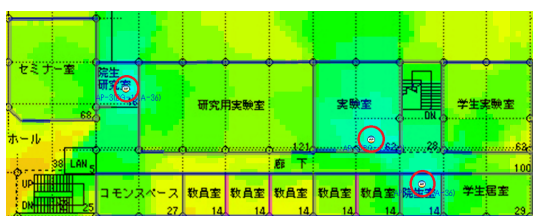
(a) 2F のサイトサーベイの結果



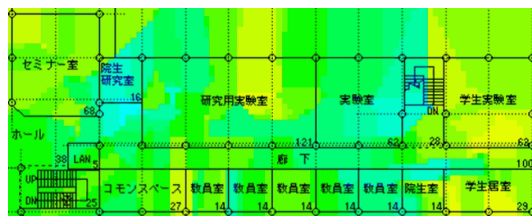
(b) 3F のシミュレーション結果 (無線 AP を 2 台削減)



(b) 3F のサイトサーベイの結果



(c) 4F のシミュレーション結果 (無線 AP を 3 台削減)



(c) 4F のサイトサーベイの結果

図- 4: 農学部 1 号館北東位置の無線 AP 配置シミュレーション結果

図- 5: 農学部 1 号館北東位置における各階の無線 AP だけを対象としたサイトサーベイの結果

ここでは無線 LAN のカバレッジエリアを広げることを目的としていることから、上下階への伝搬についても積極的に活用することとした。

上述のように、無線 AP の再配置はソフトウェアによるシミュレーションだけでは十分に対応できない。そこで、再配置前のサイトサーベイとシミュレーションの結果を比べることでその差異を学習し、再配置設計にフィードバックすることで対応することを検討している。

なお、配線工事が必要な無線 AP の再配置は 2011 年度中の実施を予定している。この度の取り組みでは、適切なシミュレーション結果が得られるように配線工事を伴わない作業、つまり無線 AP の間引きを行う。本取り組みにおいても再配置と同様に下記の一連の作業を必要とすることから、その知見はそのまま再配置設計に生かせると考えている。

1. 無線 LAN 子機の同時接続数の把握
2. 作業前のサイトサーベイ
3. 作業後のサイトサーベイとシミュレーションの結果比較

2 無線 AP の配置の見直し

カバレッジエリアを拡大するために、無線 AP を再配置して無線 AP の電波効率を向上させることを目的とし、そのために既設の無線 AP におけるサイトサーベイとシミュレーションの結果を比較することとした。しかしながら、既設の無線 AP が隣接しすぎているため各無線 AP の電波出力が小さくなっている。この条件のシミュレーション結果と比較しても、適正な配置時の電波出力とは大きく異なっているため電波の到達範囲の予測が難しく、有益なフィードバックが得られない。そこで、本取り組みでは既設の無線 AP を適切に取り外し、シミュレーションの精度を向上させることを目的とする。

2.1 無線 AP 設置個所の判定

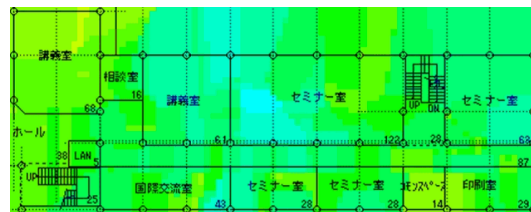
無線 AP の設置個所を検討する際、最初に行うのは無線 LAN を利用する環境で無線 LAN 子機の同時接続数を満たす無線 AP の台数を把握することである。当初は、各部屋の人数や講義時の受講者数をカウントす

ることで簡単に把握できると考えたが、実のところ講義室については様々な講義が行われるため、無線 LAN の利用者数を把握している部署はなかった。そのため、多くの場所では WCS の機能を用いて同時接続数のカウントを行った。図 1(a) の左上の講義室には 2 台の無線 AP、agr-1n2f-ap10 及び agr-1n2f-ap11 が設置されている。これらの無線 AP の 2011 年 4 月末から 5 月末にかけての同時接続数を図 3(a)、3(b) に示す。これらの図から、当該箇所の最大同時接続数は 16 であることが分かり、カバレッジエリアについて考慮しなければ、必要な無線 AP の台数は 1 台であることが分かる。最大同時接続数から各部屋に設置すべき無線 AP の台数を判断することになるが、本論文で対象としている農学部 1 号館北東位置、図 1(a)、1(b)、1(c) における最大同時接続数は前述の 16 であり、各部屋に 2 台以上無線 AP が必要な箇所はなかった。

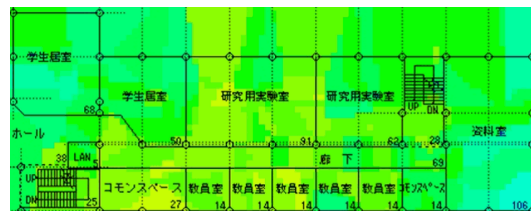
また、図 2(a)、2(b) にて示したように、事前に実施したサイトサーベイの結果から各無線 AP の電波到達範囲が把握できる。これらの情報を元に無線 AP を設置する箇所を判断しシミュレーションを行うわけだが、この度利用するシミュレーションソフトウェア、FLUKE networks 社製 AirMagnet Planner[4] は 2 次元にしか対応していない。そのため、上下階に設置された無線 AP の電波についてはシミュレーション結果に反映させることはできないが、先に示したように大きく影響を与える。この点については作業者の予測により対応することとする。例えば、先の図 1(a)、1(b)、1(c) においては、それぞれ階の右下の部屋に無線 AP が設置されていたが、3 階にだけ無線 AP を設置することで、2 階と 4 階の同一箇所においても無線 LAN が利用できることが予測できる。

2.2 サイトサーベイとシミュレーション結果の比較

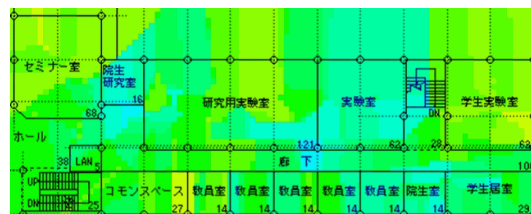
図 4(a)、4(b)、4(c) に農学部 1 号館北東位置の 2 階から 4 階のシミュレーション結果を示す。図中の丸印が無線 AP であり、2 階は 12 台の無線 AP を 4 台へ、3 階は 4 台を 2 台へ、4 階は 6 台を 3 台へ削減している。シミュレーションにおける壁や扉の減衰特性は、AirMagnet Planner の標準値を利用しており、コンクリート壁は 12dB、石膏ボード壁は 4dB、ガラス扉は 2dB としている。このシミュレーションの妥当性をサイトサーベイの結果により判断するため、図 5(a)、5(b)、5(c) に、無線 AP を取り外した後の農学部 1 号館北東位置における、各階の無線 AP だけを対象としたサイトサーベイの結果を示す。図 4 と図 5 を比較してみると、シミュレーションとサイトサーベイの結果は相似している。サイトサーベイの結果は、シミュレーション結果に比べて概ね強い



(a) 2F のサイトサーベイの結果



(b) 3F のサイトサーベイの結果



(c) 4F のサイトサーベイの結果

図- 6: 農学部 1 号館北東位置におけるサイトサーベイの結果

受信強度を示している。このことから、壁材等による電波減衰を増加させてシミュレーションを行う必要があることが分かる。

本シミュレーションでは、上下階に設置された無線 AP の電波については考慮されていないため、シミュレーション結果においていくつかのカバレッジホールが存在していた。これは、図 4(a) の右下の部屋や図 4(b) の中央下辺りの部屋が該当する。

検討した配置は、このようなカバレッジホールを生じないように予測したものである。全ての無線 AP の電波を受信したサイトサーベイの結果を図 6(a)、6(b)、6(c) に示す。これらの図から、懸念していたカバレッジホールが存在しないことが分かる。

3 おわりに

無線 AP の配置が適切でないため、電波干渉の発生や、電波干渉を避けるために電波出力を下げている無線 AP があった。増える無線 LAN の需要を満たすため、このような無線 AP の再配置を行うことでカバレッジエ

リアの拡大を計画した。無線 AP の再配置には、配置前のシミュレーションの実行だけでなく、配置後のサイトサーベイの結果と比較し、そのフィードバックを配置の検討に生かす必要があると考えている。本取り組みでは、シミュレーションを円滑に実行できるように、配線工事を伴わない範囲で無線 AP の配置を見直した。再配置と同様に、本取り組みでもシミュレーションとサイトサーベイの結果を比較している。本取り組みで使用したシミュレーションソフトウェア、AirMagnet Planner は 2 次元平面を対象としおり、各階に設置した無線 AP だけを対象としたサイトサーベイの結果と比較すると、適切にシミュレーションができることが分かった。しかしながら、実際には上下階に設置した無線 AP からの電波が大きく影響するため、作業者による予測にてこの問題に対処した。本作業による知見はそのまま再配置作業に適用できるため、有益な結果が得られたと考えている。

本取り組みにおいても、3 次元空間における電波状況の把握が重要であった。AirMagnet Planner は 2 次元空間を対象としたシミュレーションソフトウェアであったが、3 次元空間を対象としたシミュレーションソフトウェア [5] も存在している。また、3 次元空間を対象としたシミュレーションに関する研究 [6] も行われている。2 次元空間におけるシミュレーションに比べて、より多くの、またより正確なデータが必要となるが、利用を検討する価値があると思われる。また、無線 AP の更新が可能な環境においては、メルシー・ネットワークス社の製品のように、単一チャンネルで無線 LAN を構築できる製品の活用も有効な手段であると考えられる。

謝辞 本論文にて使用しているサーベイ及び図は、鳥取大学大学院農学研究科五藤由香理氏と中川卓也氏に測定、整形を協力いただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Cisco wireless control system
<http://www.cisco.com/web/JP/product/hs/wireless/wcs/index.html>, 2011/07/24 11:05.
- [2] Airmagnet survey
<http://www.flukenetworks.com/enterprise-network/wireless-network/AirMagnet-Survey>, 2011/07/24 11:05.
- [3] Aironet ワイヤレス lan の安定接続要件
<http://www.cisco.com/JP/support/public/loc/tac/100/1006244/wiress.shtml>, 2011/07/24 11:05.
- [4] Airmagnet planner
<http://www.flukenetworks.com/enterprise-network/wireless-network/AirMagnet-Planner>, 2011/07/24 11:05.
- [5] Radio area viewer qualitymeister3d. www.ntt-at.co.jp/product/quality/, 2011/07/24 11:05.
- [6] 日比学, 菅澤祐子, 宇都宮隆介. 医療現場の無線 lan 構築における 3 次元伝搬シミュレーション. 日本生体医工学会専門別研究会 医療・福祉における電磁環境研究会 平成 22 年度第 3 回研究会資料, pp. 9–12, 2010.