

# 岡山大学における多人数ノート PC 必携授業のための 無線 LAN 環境の改善

## Improvement of Wireless LAN Environment for Large and Laptop-Required Class in Okayama University

河野 圭太, 藤原 崇起, 岡山 聖彦, 村上 昌己

Keita Kawano, Takaoki Fujiwara, Kiyohiko Okayama, and Masaki Murakami

keita@okayama-u.ac.jp

岡山大学 情報統括センター  
Center for Information Technology and Management, Okayama University

### 概要

岡山大学では、2016 年度より、全学必修の情報リテラシー科目を、多人数を対象としたノート PC 必携の授業として開講している。過去 2 年間は、授業開始時に多数の学生が一斉に無線 LAN への接続を試みるため、無線 LAN の接続障害が発生し、授業の進行に大きな影響を及ぼした。そこで、今年度は、当該講義室の無線 LAN 環境を見直し、ボトルネックとなっていたエッジスイッチでの認証および VLAN 切り替えを省略し、無線 LAN 認証のみで認証ネットワークに収容する方式への変更を行った。その結果、安定した無線 LAN 接続を提供できるようになったため、その内容を報告する。

### キーワード

無線 LAN, 認証ネットワーク, ノート PC 必携

## 1 はじめに

岡山大学では、2016 年度より、全学必修の情報リテラシー科目として、情報処理入門 1 を開講している。情報処理入門 1 の開講に当たっては、同年度より、全学的に 60 分授業・4 学期制を導入したこともあり、約 2,300 名の新入生全員に対して、少数の教員により、短期間で、内容を統一した授業を提供することが求められた [1]。

他の授業スケジュールなどの影響もあり、1 クラス約 230 名の授業を 2 クラス同時に同日に 5 時限実施することが決定されたが、そのような授業を実施できる情報実習室が存在しないため、一般の大講義室で学生の持ち込みノート PC を活用した授業を実施することになった。岡山大学は今のところノート PC 必携化を制度化していないため、2016 年度の時点では、ノート PC を持参できない学生向けの授業を、同時時間帯に情報実習室で開講することにした。

授業で利用する大講義室には、6 台（1 講義室のみ 4 台）の無線 LAN アクセスポイントを設置し、チャンネル設計をしたうえで授業に臨んだが、授業開始時に多数の学生が一斉に無線 LAN への接続を試みると、無線 LAN の接続障害が発生し、授業開始からしばらくの間、ノート PC をネットワークに接続できない学生が多数発生する状況に陥った。1 クラス当たり、1 名の講師に加えて、2 名のサポート教員（または TA）が配置されていたが、手に負えない状態であった。

調査の結果、認証ネットワークへの接続のために、認証および VLAN 切り替えを行うエッジスイッチがボトルネックとなっていることが疑われたため、暫定対処として、当該エッジスイッチの認証前ネットワークを学生用 VLAN の 1 つに変更し、エッジスイッチでの認証および VLAN 切り替えを省略することにした。これにより、おおよそ安定した無線 LAN 接続を提供できるよう

になったが、この単純な方式では、セキュリティ上、運用上の不備があった。

なお、2.4GHz 帯の無線 LAN 規格にしか対応していないノート PC を持参していた学生など、無線 LAN の接続状況が著しく悪かった学生も途中から情報実習室で授業を受けたため、最終的に、1 時間あたり、1 クラス約 200 名の大講義室での授業が 2 クラスと、1 クラス約 60 名の情報実習室での授業が実施される状況となった。

最終的な授業評価アンケートにおいても、ネットワークの接続に関する不満が多く見られた。

2016 年度の状況を踏まえ、2017 年度は、当該講義室のエッジスイッチをスタック化によって増強するとともに、1 時間あたり、1 クラス約 150 名の授業を 3 クラス同時に行うことにし、1 講義室あたりの同時接続数を低減させることにした。これらの講義室はすべて一般の大講義室であり、事実上、ノート PC 必携の授業となった。ノート PC を持参できない学生に対しては、学務部が用意したノート PC の貸し出しをすることにした。また、2.4GHz 帯の無線 LAN 規格にしか対応していないノート PC を持参する学生への対応として、5GHz 帯の無線 LAN 規格に対応した USB 無線 LAN アダプタを用意し、学生への貸し出しをすることにした。

結果として、2016 年度と同様、エッジスイッチがボトルネックとなり、エッジスイッチでの認証および VLAN 切り替えを維持したままでは安定した無線 LAN 環境を提供できなかった。エッジスイッチの過負荷により、無線 LAN アクセスポイント自体の DHCP 処理の失敗や、後述する MAC 認証の失敗も発生し、無線 LAN アクセスポイント単位でネットワークに接続できない状況も発生した。なお、スタック化の効果はほとんど見られなかったことから、エッジスイッチのコントロールプレーンがボトルネックになっていると考えられた。

これらの経緯から、2018 年度へ向けて、無線 LAN 環境の見直しを行うことにした。

## 2 従来の無線 LAN 環境

### 2.1 認証ネットワーク

岡山大学では、ロケーションフリーな認証ネットワークが提供されている [2]。キャンパス間をまたぐ場合など、特殊な場合を除いて、キャンパス内のいたるところで、身分および所属に基づく自分の VLAN へ接続し、ネットワークを利用できる。これを生活系ネットワークと呼んでいる。

また、研究室など、限られたメンバのみが接続できるネットワークも存在し、これを研究系ネットワークと呼んでいる。研究系ネットワークも、生活系ネットワークと同様、キャンパス内のいたるところに VLAN を張り

巡らせることもできるが、セキュリティ上の理由から、よく利用する必要な箇所だけに VLAN が伸ばされていることも多い。この場合、研究室では研究系ネットワークに接続し、講義室では生活系ネットワークを利用することになる。また、1 名の構成員が、複数の研究系ネットワークを利用することもできる。

これらの理由から、岡山大学の構成員は、Web ベースのネットワーク認証 (Web 認証) 時に、利用する VLAN を指定して、ネットワークを利用する。例えば、VLAN xxx を利用したい場合、認証時の ID の末尾に、「@xxx」を付加することにより、これを指定する。「@xxx」を省略した場合には、利用者が設定したデフォルトの VLAN が使われる。

未認証の状態ではブラウザを起動すると、その通信をエッジスイッチが横取りし、Web 認証用の認証サーバへのリダイレクトを発生させる。この認証サーバが、Web 認証用のログイン画面を表示し、利用者が ID (と VLAN 番号) とパスワードを入力すると、それらがエッジスイッチへ送信され、RADIUS による認証が実施される。

このような認証および VLAN 切り替えを実現するため、利用者の端末は、ネットワーク接続時に、認証前ネットワークに接続される。認証前ネットワークでは、利用者の端末は、DHCP サーバや認証サーバなど、必要最小限のサーバとしか通信できないように設定されており、認証成功後に、改めて指定した VLAN に接続し直す。

その他、別の VLAN へネットワークを切り替えるためのログアウト機能や、スマートフォンなど、利用者とは 1 対 1 で紐づく端末や、プリンタなど、Web 認証を実施できない端末向けに、MAC アドレスベースのネットワーク認証 (MAC 認証) により、認証前ネットワークを経由させず、直接該当の VLAN へ収容する機能も提供されている。

これらは、利用者の端末とエッジスイッチの間に、いわゆる島ハブが存在している場合でも動作する。

また、学外からのゲストについても、ゲスト用の ID とパスワードを発行し、同じ仕組みによりゲスト用の VLAN へ収容している。

### 2.2 無線 LAN と認証ネットワーク

無線 LAN アクセスポイントは、基本的には、島ハブと同等に動作するように設定されている。コントローラで集中制御するため、アクセスポイントの MAC アドレスを登録し、アクセスポイントからの通信はアクセスポイント用の VLAN へ収容するようにしているが、利用者の端末からの通信は、ブリッジモードでそのままエッジスイッチへ渡される。ただし、eduroam 用の通信の

み、トンネルモードでコントローラまで延伸し、ゲスト用の VLAN へ収容している。

それぞれの無線 LAN アクセスポイントでは、一部の例外を除き、2.4GHz 帯向け、5GHz 帯向けに分けられた構成員用の SSID と、ゲスト用の SSID が設定されている。構成員用の SSID は統合 ID である岡大 ID とパスワード (PEAP) で、ゲスト用の SSID は PSK で接続できる。上述したように、どちらもブリッジモードで動作しているため、無線 LAN 接続後、利用者の端末は有線 LAN 接続の端末と同じ扱いになる。つまり、無線 LAN 認証とネットワーク認証が独立した形で運用されている。なお、暫定的な対処として、無線 LAN プリンタなど、PEAP 方式を利用できない端末も、ゲスト用の SSID で無線 LAN に接続しているケースがある。

一般的なノート PC やスマートフォンでは、無線 LAN の設定は記憶されるため、利用者の感覚では、初回利用時に無線 LAN 認証とネットワーク認証の 2 回、2 回目以降はネットワーク認証のみでネットワークを利用できるようになる。MAC 認証を利用している場合には、VLAN は固定されるものの、ネットワーク認証も認知せずに、ネットワークを利用できる。

## 2.3 暫定対処時のセキュリティ上の問題

暫定対処時には、当該エッジスイッチの認証前ネットワークを学生用 VLAN の 1 つに変更するとともに、認証専用のアクセスリストですべての通信を許可し、実質的にエッジスイッチでの認証なしでネットワークを利用できるようにした。なお、この状態でも MAC 認証は機能するため、講義室周辺の研究室での研究系ネットワークの利用などは MAC 認証によって継続することができ、大きな混乱は避けられた。

ただし、この方法では、構成員用の SSID 利用時は無線 LAN 認証の結果から利用者の特定ができるものの、ゲスト用の SSID 利用時には利用者の特定ができない。また、ゲスト用の SSID 利用時も学生用 VLAN への収容が行われるため、学内専用ページへのアクセスができてしまう問題も抱えていた。

これを防ぐためにはゲスト用の SSID を利用停止するしかなく、セキュリティ上、運用上の理由から、常時この状態を維持することは避ける必要があった。

# 3 無線 LAN 環境の改善

## 3.1 方針

前章の問題を解決するため、情報処理入門 1 を開講する大講義室の無線 LAN 環境の改善を図ることにした。

ただし、従来の運用との継続性を維持するため、(1) ゲスト用の SSID の無線 LAN 認証は PSK 方式とし、Web 認証をすること、(2) 構成員が Web 認証によって VLAN を選択できること、(3) 構成員が MAC 認証によって特定 VLAN へ接続できること、(4) 利用者の操作性を大きく変えないこと、の 4 点を守ることとした。

## 3.2 方式の検討

文献 [3] では、昨今の OS を搭載した端末の起動時には多くの HTTP 通信が発生するため、それらを Web 認証のログイン画面へとリダイレクトする処理が過負荷の原因として挙げられている。

単純にこれを解決するためには、ログイン画面へのリダイレクト処理をやめ、利用者に固定 URL でログイン画面を表示してもらう方法が考えられた。しかしながら、これは方針 (4) に反するため、採用できなかった。

また、文献 [3] には、エッジスイッチのハードウェアベースのフィルタで端末起動時に発生する通信を廃棄することで、これを軽減させることができるが、複数の宛先 IP アドレスをフィルタ条件として指定する必要があり、エッジスイッチの収容条件が問題になることも記載されている。そこで、DNS ブロッキングの要領で、不要かつ大量に発生する通信をエッジスイッチの単一のフィルタ条件で一元的に廃棄することも検討したが、改修範囲が大きくなるとともに、キャッシュの影響により効果が得られない可能性や、方針 (4) に影響する可能性も捨てきれないことから、今回は採用を見送った。

次に、VLAN 切り替えのポイントを、エッジスイッチから無線 LAN アクセスポイントに変更し、エッジスイッチでの認証および VLAN 切り替えを不要にすることを考えた。しかしながら、単純な方法でこれを実現するためには、ゲスト用の SSID の運用を変更する必要があり、方針 (1) に反する。

そこで、構成員用の SSID 利用時は無線 LAN アクセスポイントで VLAN 切り替えを行い、エッジスイッチでの認証をなくす一方で、ゲスト用の SSID 利用時はエッジスイッチでの認証と VLAN 切り替えを維持する方法を検討することにした。

岡山大学で利用しているエッジスイッチでは、IEEE 802.1Q によってタグ付けされたフレームを受け取ると、そのフレームを当該 VLAN へ収容する機能が存在し、Web 認証および MAC 認証との共存も可能であった [4, 5]。しかしながら、Web 認証や MAC 認証で切り替えの対象となる VLAN と、IEEE 802.1Q のタグによって識別される VLAN で、同じ VLAN を指定できない制約があり、構成員が利用する全 VLAN をこの方式へ移行すると、方針 (2) や (3) に反することが問題になった。

### 3.3 採用した方式

多くの利用者にとっては、授業中に接続する VLAN に特別なこだわりはなく、生活系ネットワーク相当のネットワークに接続できれば十分なケースが多い。そこで、新たに授業用の SSID と授業用の VLAN を用意し、IEEE 802.1Q のタグ付けを利用して、通常はこちらのネットワークを利用してもらい、多人数による同時アクセスの問題解決を図る一方で、ゲストや特定の VLAN への接続が必要な構成員にはゲスト用の SSID を利用してもらい、従来通りのネットワーク接続を提供できるようにした。

本来の生活系ネットワークは、セキュリティを確保するため、学生と教員は別々の VLAN に収容されるようになってきているが、接続性を優先し、授業用 VLAN にはそのような制約は設けず、学生用 VLAN の予備を割り当てた。VLAN 数の関係などから、授業用の VLAN は棟ごとに 1 つ割り当てた。

また、従来の構成員用の SSID をそのまま設定し続けると、この SSID に接続したことがある端末が自動的に接続を試み、これまでと同様の結果になる可能性が高いため、当該無線 LAN アクセスポイントからは、従来の構成員用の SSID を削除した。

表 1, 2 に、新旧環境をまとめた。下線部が変更点である。

なお、本学で運用している無線 LAN コントローラでは、RADIUS との連携により、動的な VLAN 割り当ても可能ではあるが、今回は同一の SSID に対する設定を VLAN ごとに用意し、それぞれ固定的に VLAN を割り当てた。

## 4 結果

結果として、今年度は無線 LAN に起因する致命的なトラブルは発生しなかった<sup>1</sup>。

一部、隣の講義室から漏れてくる構成員用の SSID に接続し、LMS で出席が記録されない、2.4GHz 帯の SSID を選択してしまい、無線 LAN の接続が安定しない、などのトラブルが発生したが、サポート教員で十分に対応できる範囲であった。また、講義が進むにつれて、無線 LAN に関するサポート依頼はほとんど出なくなった。

また、授業評価アンケートにおいても、把握できる範囲では、ネットワークに関する不満は見られなかった。

今回の変更により、該当の講義室では、通常の接続方法では研究系ネットワークや普段利用している生活系ネットワークには接続できなくなったが、これに対する不満は聞かれなかった。講義室による接続方法の違いに関しても、特に不満は聞かれなかった。なお、これらに

<sup>1</sup>ただし、LMS に関するトラブルが発生した。

については、該当の講義室が部局等の講義室ではなく、全学の教育棟の講義室であったことも影響していると思われる。

図 1, 2 に、最終講義日（2018 年 5 月 31 日）の 1 講義室（一般教育棟 B41 講義室）で無線 LAN アクセスポイント（6 台）に接続した端末の台数とそれらの合計スループットを無線 LAN マネージャから取得した図を示す。

図 1 から、受講者が約 150 名の講義を実施中の講義室で、200 台強の端末が接続していたことが分かる。講義室外の端末が接続していた可能性も考えられるが、講義室の様子を見た限りでは、スマートフォンによる接続が台数を増やしていると思われる。実際、当日は電子書籍の利用に関するアンケートも行われたが、ノート PC を目前に、スマートフォンでアンケートに回答する様子が多く見られた。講義室における無線 LAN の設計においては、このような特殊性も考慮しておく必要がある。

## 5 おわりに

本稿では、多人数ノート PC 必携授業のために岡山大学で実施した無線 LAN 環境の見直し内容を報告した。従来ボトルネックとなっていたエッジスイッチでの認証および VLAN 切り替えを省略し、無線 LAN 認証のみで認証ネットワークに収容する方式への変更により、安定した無線 LAN 環境を提供できるようになった。

今回は特に講義に支障が出ていた特定の大講義室のみに対策を適用したが、今後、持ち込みノート PC（やスマートフォン）を活用した講義が増えていくことが予想されるため、全学の講義室への展開が必要になる。今回の実現方法は、固定的な VLAN 割り当てを実施するなど、拡張性に欠ける部分があるため、この点も踏まえ、全学的な展開へ向けた検討を続ける予定である。

## 参考文献

- [1] 稗田隆, 河野圭太, 岡山聖彦: 反転学習とグループ学習を組み合わせた多人数 e ラーニング講義の実践, 第 18 回学術情報処理研究集会発表論文集, pp.45-50 (2014).
- [2] 岡山聖彦, 山井成良, 大隅淑弘, 河野圭太, 藤原崇起, 稗田隆: 岡山大学における認証・ロケーションフリーネットワークの構築, 学術情報処理研究, No.15, pp.161-165 (2011).
- [3] 佐合尚子, 稲垣直英, 福田洋治, 福井真二, 中西宏文: 認証ネットワーク内における Windows 8 使用

表- 1: 新環境

SSID	無線 LAN 認証	モード	ネットワーク認証
2.4GHz 帯講義室用 5GHz 帯講義室用	PEAP	ブリッジ (Tagged)	なし
ゲスト用	PSK	ブリッジ (Untagged)	Web 認証, MAC 認証
eduroam 用	PEAP	トンネル (Tagged)	なし

表- 2: 旧環境

SSID	無線 LAN 認証	モード	ネットワーク認証
2.4GHz 帯構成員用 5GHz 帯構成員用	PEAP	ブリッジ (Untagged)	Web 認証, MAC 認証
ゲスト用	PSK	ブリッジ (Untagged)	Web 認証, MAC 認証
eduroam 用	PEAP	トンネル (Tagged)	なし

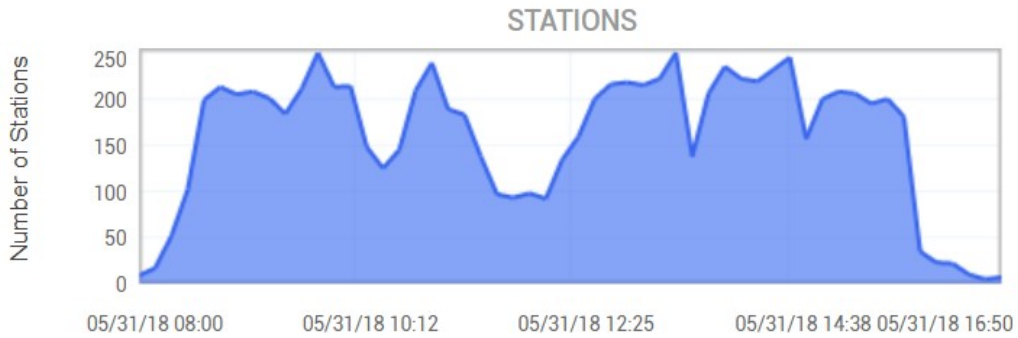


図- 1: 端末台数

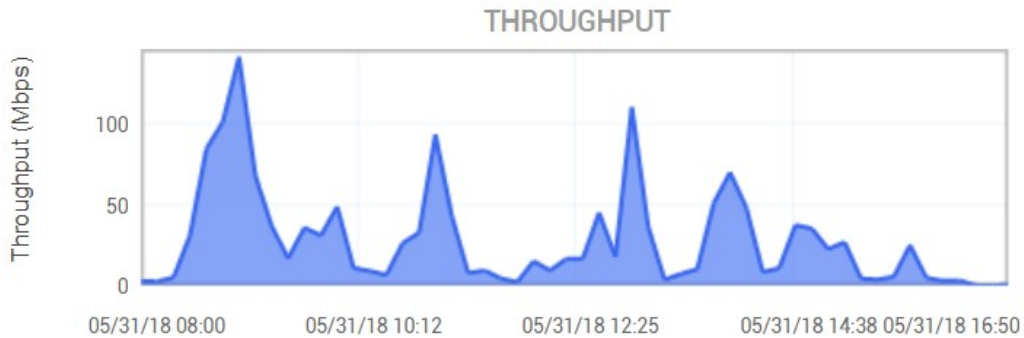


図- 2: スループット

時のトラブル, 大学 ICT 推進協議会 2013 年度年次大会, W3E-3 (2013).

- [4] AlaxalA : AX2500S ソフトウェアマニュアル コンフィグレーションガイド Vol.1 Ver.4.10 対応 (online), 入手先 [https://www.alaxala.com/jp/techinfo/archive/manual/AX2500S/PDF/4\\_10/CFGUIDE1/CFGUIDE1.pdf](https://www.alaxala.com/jp/techinfo/archive/manual/AX2500S/PDF/4_10/CFGUIDE1/CFGUIDE1.pdf) (参照 2018-08-02).
- [5] AlaxalA : AX2500S ソフトウェアマニュアル コンフィグレーションガイド Vol.2 Ver.4.10 対応 (online), 入手先 [https://www.alaxala.com/jp/techinfo/archive/manual/AX2500S/PDF/4\\_10/CFGUIDE2/CFGUIDE2.pdf](https://www.alaxala.com/jp/techinfo/archive/manual/AX2500S/PDF/4_10/CFGUIDE2/CFGUIDE2.pdf) (参照 2018-08-02).