

## アクティブ・ラーニングのための有効期限が年度内の無線 LAN システム

### Wireless LAN system focusing on validity period within school year for active learning

伊藤智博<sup>\*†‡</sup>, 佐藤早徒<sup>‡</sup>, 鈴木勝人<sup>‡</sup>, 立花和宏<sup>\*</sup>

Tomohiro Ito<sup>\*†</sup>, Hayato Sato<sup>‡</sup>, Katsuhito Suzuki<sup>‡</sup>, and Kazuhiro Tachibana<sup>\*</sup>

山形大学<sup>\*†‡</sup>

YAMAGATA UNIVERSITY

本学のディプロマ・ポリシーでは、「自らの問題解決」を学士の学位授与の方針の1つとしている。これを保証するための教育の1つとしてアクティブ・ラーニングがある。スマートフォンなどを活用して、グループで物事を進め、自立した問題解決を促す授業もある。しかし、授業でパスワードを入力した場合、セキュリティや授業のタクトタイムの低下する問題がある。そこで、本論文では、有効期限が年度内の無線 LAN システムを構築し、利便性およびセキュリティの向上を図ったので報告する。

**キーワード** : MAC 認証, ウェブ認証, アクティブ・ラーニング, 免責

Yamagata University's diploma policy has "Problem solving by oneself" as one of the bachelor's degree awards policy. "Active learning" is one of educational tool to guarantee this. We lectured to encourage autonomous problem solving by using smartphone. However, it is a problem that the tact time and security decrease, when the login-name and password is entered by using touch-panel devices in the lecture. The purpose of this works is to construct the wireless LAN system whose validity period within the school year for active learning.

**Keywords**: MAC authentication, Web authentication, Active learning, Immunity

#### 1. はじめに

町中を散歩していると、無線 LAN のフリースポットの案内が目につく。その中でもセブンイレブンの無線 LAN は一度ユーザ認証が完了した端末では、次回からは同意のみで利用できる。ふと、金剛石が舞い降りきたかのように、本学のネットワーク認証は免責がほしいだけだったと気が付かせられる。

本学の無線 LAN の利便性を向上するために、デバイス認証(MAC 認証)を取りいれよう。

MAC 認証の有効期限を年度内とすれば、センターとしても免責を担保できて、利用者への負担も軽減されるのではないか。でも、MAC アドレスの登録は利用者の負担が大きい。ウェブ認証の認証情報を元に MAC アドレスを登録

\*大学院理工学研究科

〒992-8510 米沢市城南 4-3-16

Graduate Science and Engineering

〒992-8510 4-3-16, Johnan, Yonezawa-shi, Yamagata, JAPAN.

‡情報ネットワークセンター

〒990-8560 山形市小白川町一丁目 4-12

Networking and Computing Service Center

〒990-8560 Kojirakawa-machi,

Yamagata-shi, Yamagata, JAPAN

†工学部 〒992-8510 米沢市城南 4-3-16

Faculty of Engineering

〒992-8510 4-3-16, Johnan, Yonezawa-shi, Yamagata, JAPAN.

すれば、利用者への負担も増えずにできる。

以上のことを踏まえて、本論文では、年度内の有効期間を有する無線 LAN システムの構築について報告する。また、無線 LAN を利用したアクティブ・ラーニングへの取り組みも述べる。

## 2. 通信技術の歴史と本学の無線 LAN 設備

表 1 に通信技術やインターネットの歴史と本学の無線 LAN 設備の関係を示す。世界初の無線通信は 1895 年にマルコーニがドーバー海峡を越えたこととされている<sup>1</sup>。1906 年にはアメリカで無線電話に成功した<sup>1</sup>。1987 年には、周波数多重(FDMA)方式の携帯電話サービスが開始された<sup>1</sup>。1999 年には、携帯電話が 32.8%までに普及した<sup>1</sup>。

インターネットの普及は無線通信において音声通話からデータ通信へと変化させた。1995 年に IIJ や ASAHI ネットが商用インターネットサービスを開始し、インターネットが一般化した<sup>3</sup>。1995 年には PHS サービスが開始され、無線通信によってインターネットが利用可能になった<sup>1</sup>。

ウェブサービスの多言語化と検索エンジンの普及によりインターネットの通信量が増大した。1997 年には、多言語に対応した RFC 2070 が策定され、日本語を含む多言語のウェブサイトが多数作られた<sup>4</sup>。さらに、1995 年頃から登場した検索エンジンによってウェブサービスの通信量は増加の一途をたどる。

通信量の増加に伴いイーサネットや無線 LAN の通信規格も高速化された。無線 LAN は、1997 年に IEEE 802.11 規格が策定された<sup>5</sup>。1999 年には、IEEE 802.11a,b 規格が策定され、10Mbps 以上の通信速度で無線 LAN が利用できるようになった<sup>5</sup>。

無線 LAN の利便性の向上には OS 側への無線 LAN サプリカントの標準搭載も寄与している。2003 年に発売された Windows XP で無線 LAN サプリカントが OS に組み込まれ、追加

ソフトウェアのインストールなしで無線 LAN を利用できる<sup>8</sup>。2008 年には iPhone 3G が発売され、無線 LAN が標準搭載されたスマートフォンが普及した<sup>11</sup>。

授業や研究室で URL を学生に伝える方法も変化した。1990 年代後半に、Netscape やインターネットエクスプローラーなどのウェブブラウザが PC に搭載された頃は、URL を板書や紙、スライドで伝えていた。その後、検索エンジンにキーワードを入力して検索させる方法へと講義を改善した。2002 年に J-Phone(現 Softbank)から QR コードリーダを搭載した携帯電話が発売された<sup>7</sup>。この頃から、携帯電話に対応したウェブサイトに移行し、QR コードを使った薬品管理システムや出席管理システムなども開発された。筆者も開発をしたが、学生からは、「研究や講義のために携帯電話のポケット代金を支払うのですか」と質問を受け、志の高い学生との研究活動の一環として QR コードを使っていた。

山形大学工学部における無線 LAN は、講義棟を中心に何度か更新された。2006 年に、802.11a,b,g の規格の校内無線 LAN が整備された。通信のセキュリティには、WEP を使用し、認証にはウェブ認証を採用した。無線 LAN の最大端末台数は、250 台であった。端末が無線 LAN から切断され、認証が無効になるまでの時間(認証タイムアウト)は、10 分であった。この頃の無線 LAN 利用は、ノートパソコンを教員が使用していた。2013 年には、スマートフォンやタブレット端末の普及に伴い、1000 台の同時接続が可能な無線 LAN システムが增強された<sup>14</sup>。この無線 LAN システムでは、無線 LAN からドメインログインができるようになった<sup>14</sup>。さらに、通信のセキュリティを高めるため、WPA2-PSK(AES)を採用した<sup>14</sup>。スマートフォン利用者の増加に従い、無線 LAN の接続台数も増加し、運用開始から 1 年後の 2014 年には 1000 台に達した。

2012 年には教育におけるアクティブ・ラーニングの必要性が重要視され始めた。中央教育

審議会の答申では、学生が主体的に問題を発見し解を見いだしていくアクティブ・ラーニングへの転換が必要であると述べている<sup>13</sup>。本学では、ラーニング・マネージメント・システム

(LMS)として、ウェブクラスを導入している。2016年度の工学部におけるウェブクラスの利用講義数が約80科目になった。

表1 通信技術やインターネットの歴史と本学の無線LAN設備の関係

| 西暦    | 出来事  | 文献   |
|-------|--|------|
| 1895  | ドーバー海峡を超えた無線送受信  | (1)  |
| 1906  | 無線電話の成功 (アメリカ)   | (1)  |
| 1987  | FDMA方式の携帯電話サービスが開始   | (1)  |
| 1994  | QRコード発明  | (2)  |
| 1995頃 | インターネットの普及   | (3)  |
| 1995  | PHSサービスの開始   | (1)  |
| 1995  | ディレクトリ型検索エンジン Yahoo の登場  |      |
| 1997  | HTML 2.0 を国際化した RFC 2070 による多言語仕様が策定                                       | (4)  |
| 1997  | IEEE802.11 2.4GHz 2Mbps  | (5)  |
| 1998  | ロボット型検索エンジン Google などの登場   |      |
| 1998  | コンテンツデリバリーネットワークサービスの登場  | (6)  |
| 1999頃 | 携帯電話普及   | (1)  |
| 1999  | IEEE802.11a 5GHz 54Mbps の規格策定  | (5)  |
| 1999  | IEEE802.11b 2.4GHz 11Mbps の規格策定  | (5)  |
| 2002  | 初の QR コードリーダー搭載携帯電話 J-SH09 発売  | (7)  |
| 2003  | IEEE802.11g 2.4GHz 54Mbps の規格策定  | (5)  |
| 2003  | Windows XP の発売   | (8)  |
| 2006  | NII の eduroam サービス開始   | (9)  |
| 2006  | 山形大学講義棟 802.11a/802.11bg の無線 LAN サービス開始<br>最大接続台数 250 台, 認証タイムアウト 10 分     |      |
| 2008  | 山形大学 eduroam, UPKI-シングルサインオン(SSO)への参加                                      | (10) |
| 2008  | iPhone 3G 日本で Softbank から発売  | (11) |
| 2009  | 日本初の Android スマホ HT-03A が NTTdocomo から発売                                   | (12) |
| 2009  | IEEE802.11n 2.4, 5GHz 600Mbps の規格策定  | (5)  |
| 2012  | 中央教育審議会がアクティブ・ラーニングの必要性を述べる  | (13) |
| 2013  | 山形大学工学部 802.11an/802.11bgn の無線 LAN サービス開始<br>最大接続台数 1000 台, 認証タイムアウト 24 時間 | (14) |
| 2013  | IEEE80.11ac 5Ghz 1.3Gbps の規格策定   | (5)  |
| 2015  | 山形大学工学部 802.11an/802.11bgn の無線 LAN サービス開始<br>最大接続台数 1000 台から 16000 台に変更    |      |
| 2016  | 山形大学工学部講義棟 802.11ac の無線 LAN サービス開始<br>最大接続台数 16000 台, 認証タイムアウト 年度内(最大1年)   |      |
| 2016  | 山形大学工学部ウェブクラスの利用科目数 約 80 科目  |      |

スマートフォンやタブレット端末の利用が増えるについて、いくつかの問題も生じてきた。2015年には、無線LANのIPアドレスが枯渇した。IPアドレスの枯渇に伴い接続台数を16000台に増加した。さらに、老朽化に伴い講義棟のアクセスポイント(AP, Proxim AP-4000)の30%が異常停止した。本学で使われている無線LANの認証方式であるウェブ認証では、ユーザ名とパスワードを入力するために授業のタクトタイムが低下した。ウェブ認証をなくすために、他大学ではMACアドレスを事前に登録するMAC認証が採用されている<sup>15)</sup>。しかし、MACアドレスの調査は利用者への負担が増加するだけでなく、OSのバージョンアップに伴うドキュメントの改訂が頻繁に発生し管理者の負担の増大する問題があった。

### 3. 無線LANのネットワーク構成

#### 3.1. 山形大学工学部無線LANの概要

図1に無線LANシステムのネットワークの概要、表2に主な通信機器を示す。無線LANの利用者端末であるノートパソコン、スマートフォン、タブレット端末などは、無線LANアクセスポイントに接続する。IPv4アドレスは、ウェブ認証装置のDHCPサービスによって割り当てられる。さらに、IPv6アドレスは、ゲートウェイ(GW)であるCISCO Catalyst 6509によってルータ広告(RA)が行われ、IPv6アドレスが決定される。その後、IPv6 DHCPによってDNSなどのネットワーク情報が端末に設定される。

利用者の特定は、ウェブ認証によって行われる。利用者はブラウザを立ち上げるとウェブ認証によって利用者が特定されて無線LANを利用できるようになっている。認証タイムアウトは、ウェブ認証装置の仕様により最大24時間となっている<sup>16)</sup>。

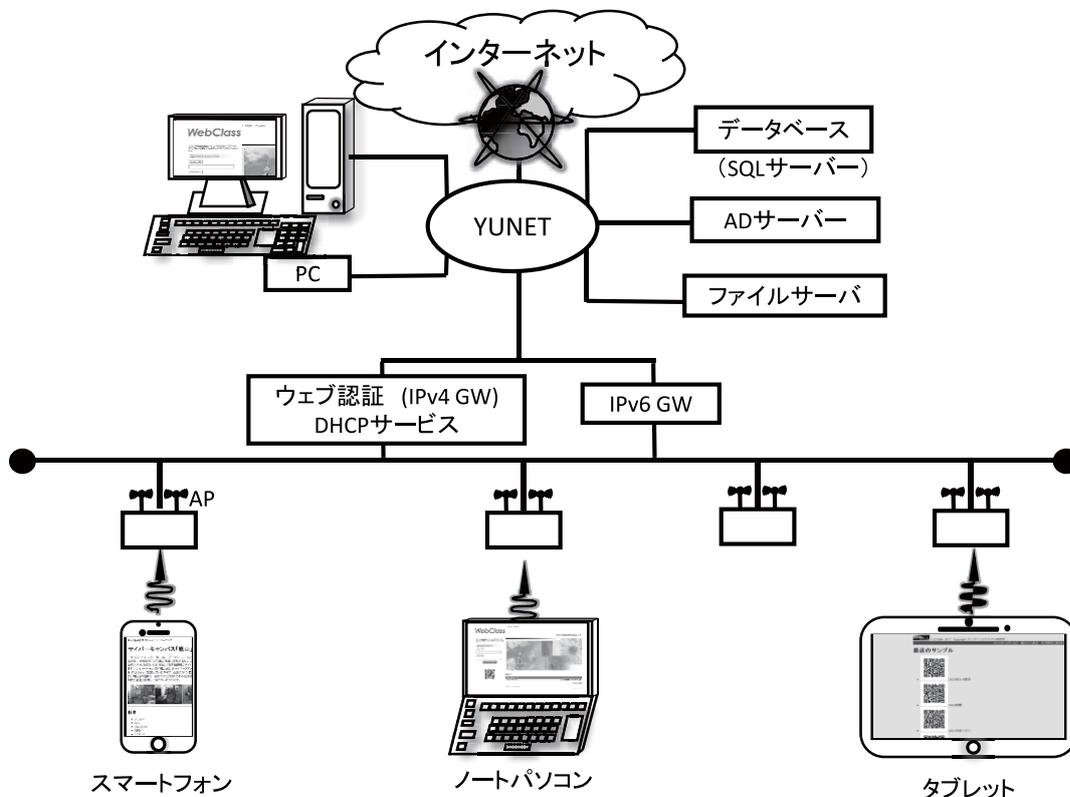


図1.無線LANシステムのネットワークの概要

表 2 主な通信機器

| 端末名称              | メーカー     | 機種名            | OS/Firmware      | 台数 |
|-------------------|----------|----------------|------------------|----|
| 無線 LAN アクセスポイント A | D-Link   | DWL-6600AP     | R4.2.0.10        | 50 |
| 無線 LAN アクセスポイント B | Proxim   | AP-4000        | V4.0.12          | 50 |
| 無線 LAN アクセスポイント C | Buffalo  | WAPM-1750D     | V1.03            | 27 |
| ウェブ認証装置(IPv4 GW)  | Fortinet | Fortigate 200B | v5.0,build0252   | 2  |
| IPv6 GW(RA)       | CISCO    | Catalyst 6509  | 12.2(33)SX13     | 1  |
| AD サーバ            | 富士通      | PRIMERGY BX    | Windows 2008 R2* | 4  |
| データベースサーバ         | 日本 HP    | DL385 G7       | Windows 2008 R2  | 1  |
| クローラーサーバ          | 日本 HP    | DL385 G7       | CentOS 5.8*      | 2  |

\*ホスト OS として、VMWare vSphere 5.0 を使用した。

### 3.2. 年度内有効な無線 LAN システム

図 2 に年度内有効無線 LAN システムの設計図を示す。ウェブ認証の認証タイムアウト 24 時間を長くするために、ウェブ認証から MAC 認証に変換するシステムを設計・構築した。ウェブ認証では IP アドレスに対して有効期限が設定されるが、本システムでは MAC アドレスに対して認証の有効期限を設定する。また、表 2 に示すように、本学工学部講義棟内の老朽化した無線 LAN アクセスポイント B を無線 LAN アクセスポイント C(Buffalo 製, WAPM-1750D)に更新した。

利用者は、ウェブ認証装置のウェブ画面でユーザ名とパスワードを入力して認証する。ウェブ認証情報は、ウェブ認証装置内にキャッシュされ、ユーザ名、端末の MAC アドレス、割り当て IP アドレス、有効期限が一時保存される。次に、クローラーサーバ内では、タイマーイベントにより 1 日 2 回、ユーザ抽出・登録プログラム(図 2a)が実行され、ウェブ認証情報を抽出する。抽出された認証情報から MAC アドレスとユーザ名を取り出し、ウェブサーバを介してデータベースに登録する。

ウェブ認証装置への MAC アドレスの登録はクローラーサーバ内のタイマーイベントによって MAC 認証登録プログラム(b)の起動から開始される。このプログラムは、ウェブサーバ内の MAC 登録スクリプト生成・ユーザ認可確認プログラム(c)へアクセスする。確認プロ

グラム(c)は、データベースから MAC アドレスとユーザ名を抽出し、そのユーザ名を元に AD サーバのユーザ情報の有効性を照会する。有効なユーザ名の MAC アドレスを元に、ウェブ認証装置への MAC 登録スクリプトを生成する。生成されたスクリプトは MAC 認証登録プログラムに渡され、MAC 認証登録プログラムは、ウェブ認証装置にログインし、MAC 登録スクリプトを実行する。

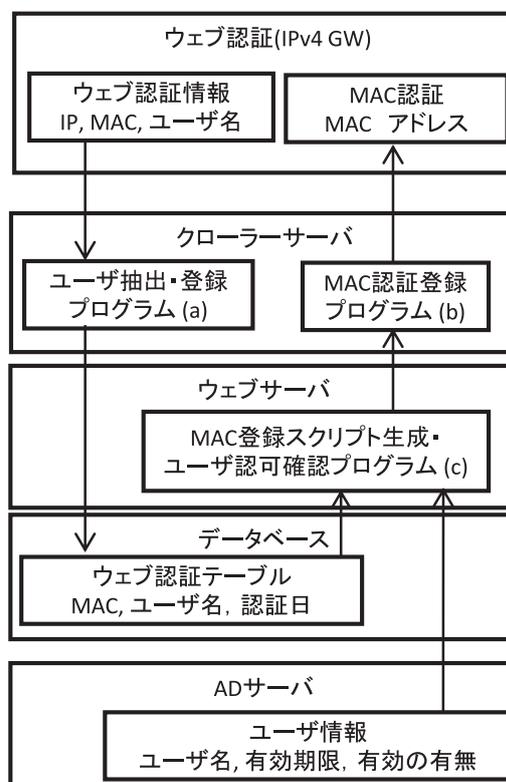


図 2. 年度内有効な無線 LAN システム

### 3.3.抽出・登録プログラム

図3に抽出・登録プログラムの中核部分のソースコードを示す。このプログラムは、クローラサーバのタイマーイベントから起動される「ユーザ抽出・登録スクリプト」、ウェブ認証装置から認証情報を取り出す「認証情報リスト化プログラム」、認証情報リスト化プログラムの結果をウェブサーバに渡す「ウェブキックプログラム」、ウェブサーバはその情報をデータベースに登録する。

図3の①の抽出・登録スクリプトは、2行目に記載された認証装置からユーザ情報を読み出すコードが記載された `maclist` ファイル(図3の②)の内容を読み出す。その内容を `telnet` で認証装置にアクセスし、その標準出力からユーザと MAC アドレスの記述情報のみをファイルに書き出す。抽出・登録スクリプトの3行目には、書き出されたファイルを `Perl` 言語で記述されたウェブキックプログラム `macreg.perl` (図3の③)に読み込ませ、専用のウェブサイトを經由して MAC アドレスがデータベースのテーブルに追加される。

```

①抽出・登録スクリプト
1: #!/bin/sh
2: /bin/sh maclist | telnet 133.24.x.x | egrep vd¥ | user > /tmp/user-mac-list
3: cat /tmp/user-mac-list | perl macreg.perl

②maclist(fortigate抽出スクリプト)
sleep 5; echo (Fortigateユーザ名)
sleep 2; echo (Fortigateパスワード)
sleep 3; echo

sleep 1; echo diagnose user device
sleep 1; echo

③macreg.perl
use LWP::UserAgent;
while (my $line = <STDIN>){
  chomp($line);
  if ($line =~ /vd /){
    $mac= substr($line, 8,17);
  }
  if ($line =~ /user/){
    $user = $line;
    $user =~ /user '(.)+' src/;
    if (length($1) > 0) {
      print "$mac,$1¥n";
      $url = "https://xx.yamagata-u.ac.jp/network/NetworkUserMacRecognition.aspx?Mac=" . $mac .
      "&User=" . $1;
      my $ua = LWP::UserAgent->new;
      my $req = HTTP::Request->new(GET => $url);
      $req->authorization_basic('登録ユーザ名', 'パスワード');
      my $htmlstr = $ua->request($req)->content;
    }
  } else {
    $user = "";
  }
}

```

図3. 抽出・登録プログラムの中核部分のソースコード

### 3.4.MAC 認証登録プログラム

図4にMAC認証登録プログラムの中核部分のソースコードを示す。このプログラムは、クローラサーバのタイマーイベントから起動される「MAC アドレス登録スクリプト」、ウェブサーバ内認証装置への登録スクリプトを生成する「登録スクリプト生成プログラム」、登録スクリプトをウェブ認証装置内で実行するプログラムから出来ている。

図4の①のMACアドレス登録スクリプトは、2行目に記載されたウェブサーバを經由して、データベースおよびADサーバからの認証情報に基づいて有効なMACアドレスの登録スクリプトを生成するプログラムを呼び出す。ウェブサーバでは、データベースおよびADサーバから図4の③のような形式の認証装置登録スクリプトが生成させる。図4の②には、ADサーバからユーザの有効性を確認するコードの部分のみを記述した。

```

①MACアドレス登録スクリプト
1: #!/bin/sh
2: wget https://xx.yamagata-u.ac.jp/network/NetworkFortigateMacRegister.aspx --user="xxxxx" --http-password=password -O /tmp/macreg --no-check-certificate
3: /bin/sh /tmp/macreg | telnet 133.24.x.x

②登録スクリプトを生成プログラムの一部
※NetworkFortigateMacRegister.aspxのADユーザの有効性のチェック部分
Private Const cACCOUNTDISABLE As Integer = &H2

Public Function AccountValidation(ByVal ADs_Path As String, ByVal sAMAccountname As String) As Boolean
  Dim entry As New DirectoryEntry(ADs_Path)
  Dim mySearcher As New DirectorySearcher(entry)
  mySearcher.Filter = "(sAMAccountName=" & sAMAccountname & ")"
  Dim ResEnt As SearchResult = mySearcher.FindOne()
  If ResEnt Is Nothing Then
    Return False
  Exit Function
End If
Dim userEntry As DirectoryEntry = ResEnt.GetDirectoryEntry()
Dim strdata As String = userEntry.Properties("userAccountControl").Value
ac = CInt(strdata)
If (ac And cACCOUNTDISABLE) > 0 Then
  Return False
Else
  Return True
End If
End Function

③macreg(fortigate登録スクリプト)
sleep 5; echo (Fortigateユーザ名)
sleep 2; echo (Fortigateパスワード)
sleep 3; echo

usleep 500000; echo config user device
usleep 300000; echo edit OfficialDev61
usleep 300000; echo set mac 28:18:78:cc:e0:05
usleep 300000; echo next
usleep 300000; echo end
以下、繰り返し

```

図4. MAC 認証登録プログラムの中核部分のソースコード

## 4 結果

### 4.1.無線 LAN の設置

図 5 に山形大学工学部講義棟に設置した無線 LAN の地図を示す。講義棟は最大で約 3200 人の学生が利用でき、実際には 2000 人程度の学生が利用している。2017 年 2 月には、無線 LAN の利用端末台数が 3700 台になった。

無線 LAN の電波出力を調整して 5GHz の 802.11ac を優先的に利用させるための調整が必要になった。電波の透過性の高い 2.4GHz

の 802.11n(300Mbps)に 70%の端末が接続され、通信が不安定になった。Intel 製の無線 LAN ドライバーなどでは、無線 LAN の優先接続チャンネルを 5GHz の設定できるが、スマートフォンなどにはできない。そこで、教室内に設置したアクセスポイントの 2.4GHz の電波出力を 70%に調整した。この調整によって、70%の端末が 802.11ac の 1300Mbps の広帯域通信を利用し、安定した無線 LAN サービスを提供できるようになった。

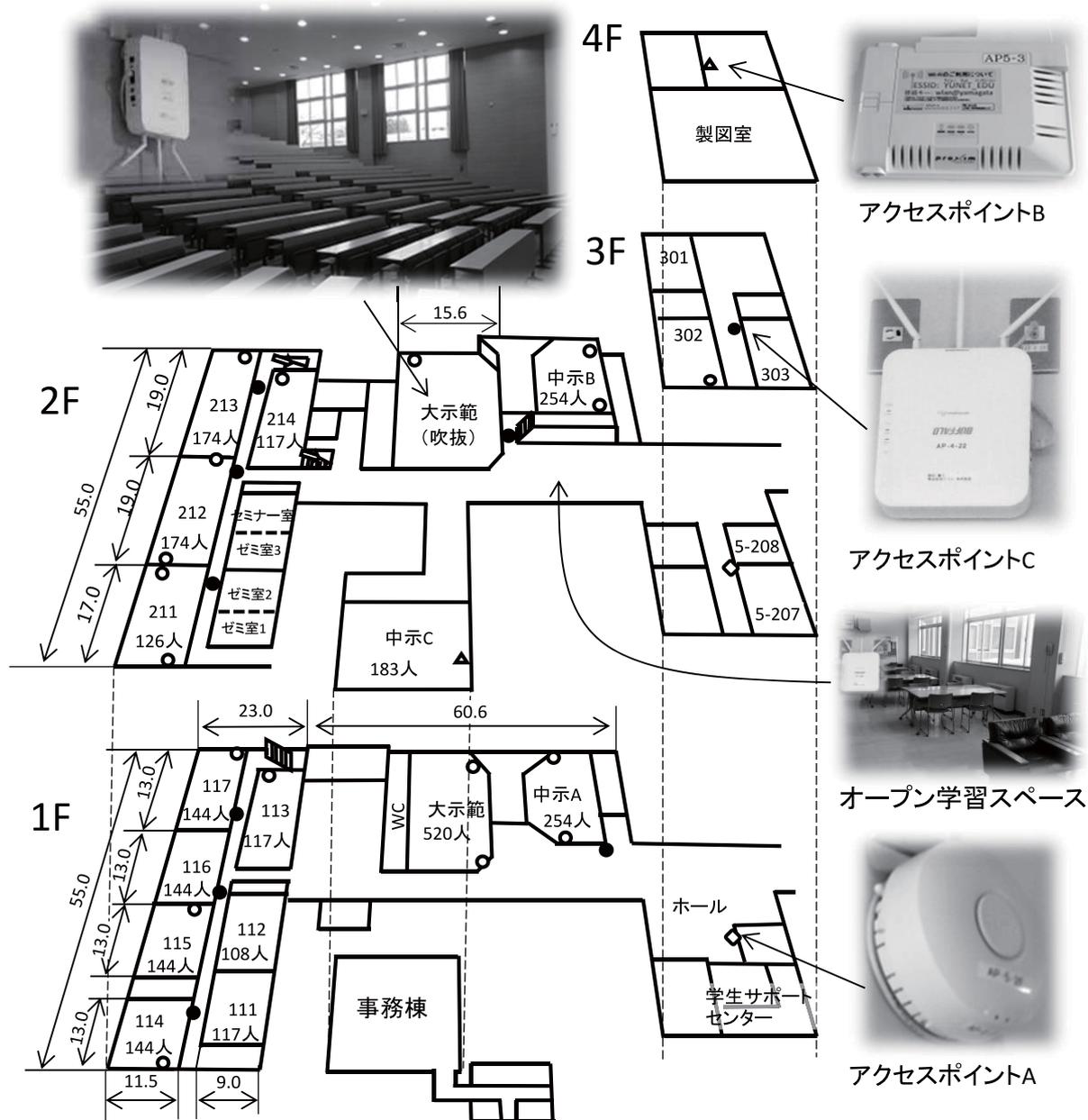


図 5.山形大学工学部講義棟に設置した無線 LAN の地図と写真

◇無線 LAN アクセスポイント A(2.4,5 GHz:100%), △無線 LAN アクセスポイント B(2.4,5 GHz:100%), ○無線 LAN アクセスポイント C(2.4GHz:70%, 5 GHz:100%), ●無線 LAN アクセスポイント C(2.4, 5 GHz:100%)

## 4.2. アクティブ・ラーニングへの活用

アクティブ・ラーニングに無線 LAN を活用するために、講義中に演習やグループディスカッションを導入している。その1つの取り組みとして、図 6 に示すように学生の学習成果を Google+ に投稿し、インターネットに公開している。講義中に学生が投稿した学習成果には、本人の署名（サイン）が記されており、グループでの課題への取り組みが単位の認定への繋がる仕組みである。Google+ への公開は、工学部のディプロマ・ポリシーの1つである「6. 社会的・職業的に自立する意識、職業選択を自主的に行える能力、及び社会と産業の発展に果敢に取り組む挑戦的な態度を身につけている」<sup>17)</sup> を保証するためにも活用できる。



図 6. Google+ への投稿の様子

## 4.3. 講義棟の無線 LAN の利用状況

図 7 に無線 LAN のトラフィックを示す。縦軸は、6 時間平均のトラフィックである。無線 LAN アクセスポイントを更新後、20Mbps のトラフィックで安定した通信ができています。1 分平均のトラフィックでは 100Mbps を記録しており、バーストトラフィックに対応できた。

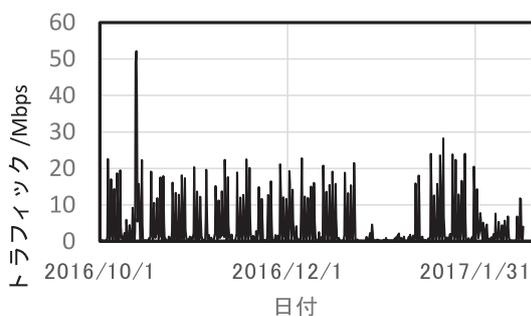


図 7. 講義棟のトラフィック

利用者からは、「以前より安定して無線 LAN が利用できる」、「講義で YouTube が流れり、

「講義がスムーズにできるようになった」との声が寄せられた。授業開始時の学生のウェブ認証の時間の 5 分が短縮された。15 回の授業では、70 分のウェブ認証に関わる無駄な時間を削減できた。無線 LAN への接続手順を掲示したことで、センターへの無線 LAN の使い方の問い合わせは年に数回になった（図 8）。



図 8. 無線 LAN の接続手順のポスター

## 5. 結論

ウェブ認証をベースに MAC 認証を実現したことで、管理者および利用者の負担を低減した無線 LAN システムが提供できる。有効期限が年度内にすることで、利便性およびセキュリティの向上を図られる。

## 謝辞

無線 LAN アクセスポイントの更新は山形大学工学部後援会のサポートにより実施されました。

## 参考文献

- (1) 藤井信生, 他 8 名: "通信技術", 巻末ページ, 実教出版 (2008).
- (2) デンソーウェーブ(株): "道のり | QR コード ドットコム", <http://www.qrcode.com/history/> (参照: 2017/1/30).
- (3) JPNIC: "インターネット歴史年表 - JPNIC", <https://www.nic.ad.jp/timeline/> (参照: 2017/1/30).
- (4) IETF: "RFC 2070", <https://www.ietf.org/rfc/rfc2070.txt> (参照: 2017/1/30).
- (5) IEEE: "IEEE OFFICIAL IEEE 802.11

WORKING GROUP PROJECT TIMELINES  
- 2016-11-14",

[http://www.ieee802.org/11/Reports/802.11\\_Timelines.htm](http://www.ieee802.org/11/Reports/802.11_Timelines.htm) (参照: 2017/1/18).

(6) あきみち・空閑洋平共著: "インターネットのカタチ", オーム社, p.166 (2011).

(7) ケータイ Watch 編集部: "ケータイ新機能チェック",

<http://k-tai.watch.impress.co.jp/cda/article/review/19299.html> (参照: 2017/1/18).

(8) ウォッチ編集部: "「終電で帰る」が今回の流行、Windows XP OEM 版発売開始",

<http://pc.watch.impress.co.jp/docs/article/20111025/xp2.htm> (参照: 2017/1/19).

(9) NII: "国際学術無線 LAN ローミング基盤", <http://www.eduroam.jp/docs/eduroam-JP-flyer.pdf> (参照: 2017/1/18).

(10) NII: "既存の複数認証基盤を統合した UPKI-SSO/eduroam 対応基盤の構築 (山形大学)", 平成 20 年シングルサインオン実証実験報告書,

<https://www.gakunin.jp/event/2008/0420/> (参照: 2017/1/18).

(11) Apple: "Apple Press Info - ソフトバンクとアップル、iPhone 3G を 7 月 11 日より日本で発売",

<https://www.apple.com/jp/pr/library/2008/06/09Softbank-and-Apple-to-Bring-iPhone-3G-to-Japan-on-July-11.html> (参照: 2017/1/19).

(12) NTT ドコモ: "HT-03A サポート情報 | お客様サポート |",

<https://www.nttdocomo.co.jp/support/utilization/product/ht03a/index.html> (参照: 2017/1/19).

(13) 文部科学省: "新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～",

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm) (参照: 2017/1/19).

(14) 伊藤 智博, 奥山 澄雄, 立花 和宏: "タ

ブレット端末を使用するための無線 LAN インフラとクラウドコンピューティングにおける認証連携", Vol. 17, pp. 77-84 (2013).

(15) 岡山大学: "スマートフォン MAC アドレス登録方法",

[http://www.citm.okayama-u.ac.jp/citm/service/wlan/smartphone\\_mac\\_reg.html](http://www.citm.okayama-u.ac.jp/citm/service/wlan/smartphone_mac_reg.html) (参照: 2017/2/1).

(16) Fortinet: "Technical Note: Explanation of auth-timeout types for Firewall authentication users",

<http://kb.fortinet.com/kb/documentLink.do?externalID=FD37221> (参照: 2017/1/27).

(17) 山形大学工学部: "工学部・大学院理工学研究科ポリシー",

<http://www2.yz.yamagata-u.ac.jp/policy/> (参照: 2017/1/27).

## 著者略歴



**伊藤智博** 2003 年同大学院理工学研究科博士後期課程修了, 同年 4 月同大学情報処理センター助手, 2009 年 10 月同大学院理工学研究科助教, 2013 年同大学院理工学

研究科准教授, 博士(工学), 日本化学会, 電子スピサイエンス学会, 日本分析化学会.

**佐藤早徒** 2015 年山形大学 情報化学科卒業, 2014 年 4 月山形大学工学部学術情報基盤センター技術職員.

**鈴木勝人** 1974 年山形大学計算機センター文部技官, 1977 年山形大学 工業短期大学部機械工学科卒業, 2008 年 7 月山形大学工学部に配置換え.

**立花和宏** 1987 年同大学院理工学研究科修了, 1987 年 4 月大日本印刷株式会社, 1991 年 4 月 山形大学工学部助手, 2003 年 同大学工学部物質化学工学科助教授, 2007 年同大学院理工学研究科准教授, 日本化学会, 電気化学会, 表面技術協会

(2017 年 02 月 09 日原稿受付)

(2017 年 06 月 12 日採録決定)