

# 広島大学におけるキャンパス無線LANシステム ～キャリア Wi-Fi との共同利用と可搬型アクセスポイントの導入～

大東 俊博<sup>1,a)</sup> 吉田 朋彦<sup>1</sup> 岩田 則和<sup>1</sup> 西村 浩二<sup>1</sup> 田島 浩一<sup>1</sup> 近堂 徹<sup>1</sup> 岸場 清悟<sup>1</sup>  
相原 玲二<sup>1</sup>

**概要:** 本発表では広島大学におけるキャンパス無線 LAN システム (HINET Wi-Fi) について紹介する。特に最近サービスを開始したキャリア Wi-Fi とのアクセスポイント共同利用および可搬型アクセスポイントの導入について導入の経緯や具体的な実現方法について示す。

## A Campus-wide Wireless LAN System in Hiroshima University — Shared Access Points with Carrier Wi-Fi and Providing Portable Access Points —

TOSHIHIRO OHIGASHI<sup>1,a)</sup> TOMOHIKO YOSHIDA<sup>1</sup> NORIKAZU IWATA<sup>1</sup> KOUJI NISHIMURA<sup>1</sup>  
KOICHI TASHIMA<sup>1</sup> TOHRU KONDO<sup>1</sup> SEIGO KISHIBA<sup>1</sup> REIJI AIBARA<sup>1</sup>

**Abstract:** This paper presents recent topics of HINET Wi-Fi, which is a campus-wide wireless LAN system in Hiroshima University. The first topic is to share access points for HINET Wi-Fi with several carrier Wi-Fi. The second topic is to provide portable access points for HINET Wi-Fi. We describe the purpose and the detail of implementation for these topics.

### 1. はじめに

2008 年度より広島大学では、主要 3 キャンパス (東広島キャンパス、霞キャンパス、東千田キャンパス)、附属学校 (翠地区、東雲地区、三原地区、福山地区) および小規模遠隔部局 (呉、竹原、東京オフィス等) を含むキャンパスネットワーク HINET2007 が運用されている [1], [2]. HINET2007 では図 1 のように全キャンパスに合計約 40 台の建物集約スイッチおよび約 500 台の認証機能付きのフロアスイッチを整備している。ネットワークの利用者は原則として最寄りのフロアスイッチを認証ポイントとして、Web 認証/MAC 認証による利用者認証が要求される。

広島大学のキャンパス無線 LAN の整備は、2004 年から開始されたキャンパス・ユビキタス・プロジェクト [3] の一

環として、ノートパソコンなど持ち込み端末に対して無線 LAN 環境を提供するために開始された。HINET2007 の運用が始まるまでの間、キャンパス無線 LAN の利用者認証は文献 [4] をもとに開発された FEREC<sup>\*1</sup> を用いて提供された。HINET2007 の運用が開始されて以来、利用者認証の HINET2007 認証スイッチへの変更 (2008 年)、無線 LAN コントローラによる無線 LAN アクセスポイント (AP) の管理一元化 (2008 年)、無線 LAN セキュリティ強化のため WEP から WPA2 エンタープライズ (EAP-PEAP) への更新 (2010 年)、Web 認証の SSO 化と学認 (学術認証フェデレーション) 連携によるゲスト利用サービスの開始 [5], [6] (2011 年)、国際無線 LAN ローミング基盤 eduroam [7] のサービス開始 (2012 年)、のように管理面やセキュリティ/利便性の改善が年々図られており、現在、キャンパス無線 LAN は HINET Wi-Fi という名称で HINET2007 の一部として運用されている。

本稿では、スマートフォンの普及などによる無線 LAN

<sup>1</sup> 広島大学情報メディア教育研究センター 〒739-8511 広島県東広島市鏡山 1-4-2

Information Media Center, Hiroshima University 1-4-2 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8511, Japan

<sup>a)</sup> ohigashi@hiroshima-u.ac.jp

<sup>\*1</sup> <http://www.ferec.jp/>

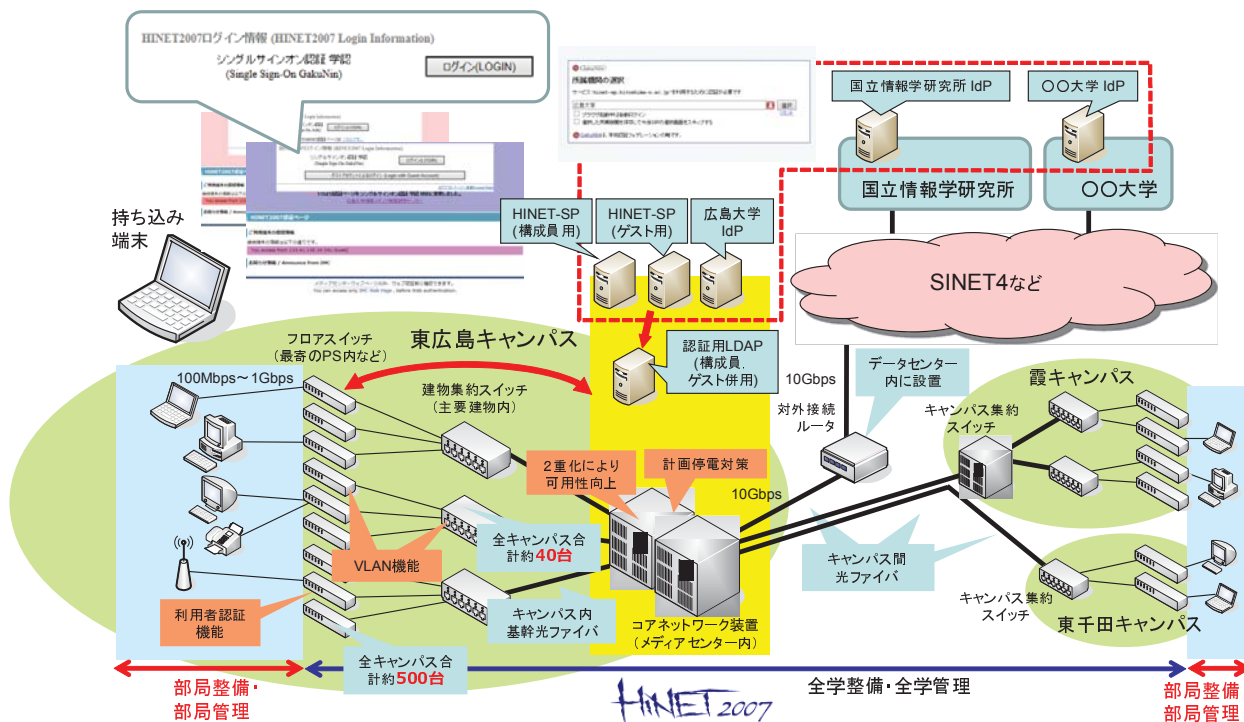


図 1 HINET2007 の概要

の利用者数増加への対応を目的として実施した、HINET Wi-Fi のアクセスポイントとキャリア Wi-Fi の共同利用 (2012年) および可搬型アクセスポイントの導入 (2014年) について導入の経緯や実現の方法について紹介する。

## 2. HINET Wi-Fi

### 2.1 構成

HINET Wi-Fi では無線 LAN コントローラによって管理されたアクセスポイント群によってサービスが提供されており、現在約 400 台のアクセスポイントが図書館・食堂・宿泊施設・学生ホール等の共用スペースや大型の講義室・会議室等に設置されている。

図 2 に HINET Wi-Fi のネットワーク構成、表 1 に HINET Wi-Fi 用の機器の仕様と台数を示す。通常、HINET2007 では接続機器は最寄りのフロアスイッチを認証ポイントとして利用者認証を要求する。しかし、HINET Wi-Fi では無線 LAN コントローラで一元管理するためにアクセスポイントと無線 LAN コントローラ間は認証が不要な設定をした管理用 VLAN により接続することとし、ユーザ認証は無線 LAN コントローラを通してアクセスするユーザ用 VLAN の境界で行う構成となっている。無線 LAN 管理システムは無線 LAN コントローラへの設定の投入や無線 LAN アクセスポイントの設置位置の管理、ログの収集などの補助的な処理を行っている。

アクセスポイントと無線 LAN コントローラ間の通信は単一の管理用 VLAN 上で CAPWAP (Control And Provi-

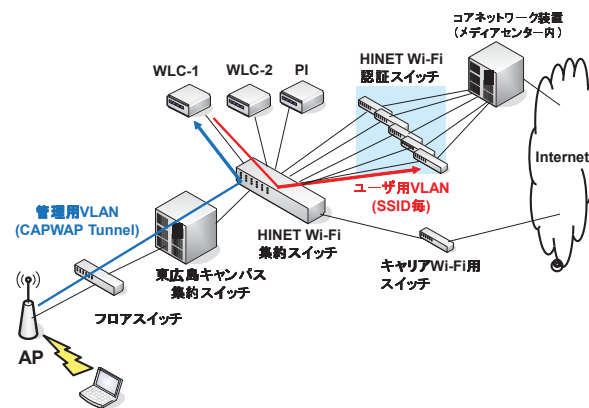


図 2 HINET Wi-Fi のネットワーク構成の概要

sioning of Wireless Access Points) プロトコルによってトンネリングされ、無線 LAN コントローラで SSID 毎に無線 LAN の認証 (EAP-PEAP など) を行った上で対応するユーザ用 VLAN へクライアント端末を接続させる。SSID に対応するユーザ用 VLAN に応じて Web 認証の有無や接続先ネットワークを設定することで柔軟なネットワークサービスの提供を実現している。

### 2.2 提供サービス

HINET Wi-Fi ではマルチ SSID 機能を用いて複数のサービスを一つのアクセスポイント上で提供している。HINET

表 1 HINET Wi-Fi 用の機器

機器名称	仕様	台数
無線 LAN コントローラ	Cisco 5500 Series Wireless Controller (図中では WLC-1, WLC-2 と表記)	2
無線 LAN 管理システム	Cisco Prime Infrastructure version 1.3 (図中では PI と表記)	1
無線 LAN アクセスポイント	Cisco AIR-LAP1042N-P-K9/AIR-LAP1131AG-P-K9/AIR-CAP1602I-Q-K9	約 400
HINET Wi-Fi 集約スイッチ	Alaxala AX2430S	1
HINET Wi-Fi 認証スイッチ	Alaxala AX2530S	5

表 2 HINET Wi-Fi で提供しているサービス

サービス名	SSID	認証	接続ネットワーク
学内者用接続	HU-CUPXX*2	無線 LAN: EAP-PEAP(広大 ID*3 とパスワードで認証) 利用者認証: Web 認証 (広大 ID とパスワードで認証)	学内者用ネットワーク
学外者用接続	HU-Guest	無線 LAN: EAP-PEAP(共通の ID とパスワードで認証) 利用者認証: Web 認証 (ゲストアカウント or 学認 IdP のアカウント) とパスワードで認証)	ゲスト用ネットワーク
eduroam	eduroam	無線 LAN: EAP-PEAP(eduroam 用アカウントとパスワードで認証) 利用者認証: なし (無線 LAN の認証のみ)	ゲスト用ネットワーク
キャリア Wi-Fi	各キャリアの SSID	各キャリアの認証方式	学外ネットワーク

Wi-Fi で提供しているサービスを表 2 に示す。

学内の主要なサービスとして学内者用接続サービスと学外者用 (ゲスト用) 接続サービスがある。どちらのサービスも EAP-PEAP によって無線 LAN としての認証を行い、その後、HINET Wi-Fi 認証スイッチの Web 認証によって利用者認証を行う。図 2 のように HINET Wi-Fi 集約スイッチからコアネットワーク装置に折り返す途中に HINET Wi-Fi 認証スイッチ (学内者用は 4 台で負荷分散、学外者用は 1 台) を設置することでこれらのサービスの使用時に Web 認証が要求されるようにしている。なお、ユーザ用 VLAN に接続するのは無線 LAN の認証に成功した後であり、その際には DHCP によって広島大学の IP アドレス (グローバルアドレス) が払い出される。

学内者用接続サービスでは EAP-PEAP の認証と Web 認証のどちらも広島大学の個人 ID である広大 ID とパスワードによって行い、学内限定のネットワークを含む広島大学内外のネットワーク (学内者用ネットワーク) への接続が許可される。HINET Wi-Fi 認証スイッチによる Web 認証は文献 [5], [6] で提案している手法によって Shibboleth のシングルサインオン (SSO) に対応させている。

学外者用接続サービスでは、EAP-PEAP の認証は共通の ID とパスワードによって行い、その後の Web 認証はゲストアカウント (本学で発行) または学認に参加する各組織が設置する IdP のアカウントとパスワードによって行う。Web 認証後、学内限定ネットワークへの接続が制限されたゲスト用ネットワークへの接続が許可される。なお、

\*2 場所毎に XX の数字を変えて管理しており、HU-CUP10(東広島北地区)、HU-CUP11(理学部)、HU-CUP20(東広島東地区)、HU-CUP30(東広島西地区)、HU-CUP40(霞地区)、HU-CUP50(東千田地区、その他)としている。

\*3 広大 ID は広島大学の全学 ID 基盤に登録されている個人 ID である。

HINET Wi-Fi 認証スイッチでの Web 認証と学認の連携も学内者用接続サービスと同様の方法によって実現している。学認との連携を容易にするために EAP-PEAP の認証に共通の ID とパスワードを用いており、ID とパスワードは学内に掲示している HINET Wi-Fi のポスターに記載することで利用者に伝えられる。EAP-PEAP はパスワードによるアクセス制御とランダムな暗号化鍵の安全な配布の機能を持っているが、上記の運用によってアクセス制御が失われる。しかしながら、無線 LAN 接続後に Web 認証によってネットワークへのアクセス制御が実現され、ランダムな暗号化鍵はユーザ毎に独立に生成されるため、PEAP のみで接続させる場合と同等の安全性は担保されていることに注意されたい。

HINET Wi-Fi では国際無線 LAN ローミング基盤である eduroam もサポートしている。eduroam では EAP-PEAP によって自身の所属組織の radius サーバで認証することによってネットワークを使用させる仕組みであるため、Web 認証による 2 次的な利用者認証は要求しない。eduroam の要件を満たすために、学外者用接続サービス用の HINET Wi-Fi 認証スイッチに認証を要求しないポートを作成し、そこを通してコアネットワーク装置に接続するように設計をした。

他に HINET Wi-Fi のアクセスポイントではキャリア Wi-Fi の SSID もサポートしているが、認証はキャリア毎に指定している認証方式で行い、ネットワークはコアネットワーク装置を経由せずに学外ネットワークに接続するようにしている。キャリア Wi-Fi の詳細は次章で説明する。

### 3. キャリア Wi-Fi との共同利用

#### 3.1 導入の経緯

通信事業者はモバイル通信網のトラフィックを軽減する

ために、トラフィックを無線 LAN (キャリア Wi-Fi) に逃がす Wi-Fi オフロードを進めている。キャリア Wi-Fi の設置先の拡大の一部として、複数の通信事業者から本学へ学内への設置の要望があった。しかしながら、各キャリアが独自にアクセスポイントを設置した場合、電波の干渉により学内で提供していた無線 LAN サービスの性能低下につながってしまう。また、総務省無線 LAN ビジネス研究会の第 7 回会合配布資料 [8] では、無線 LAN に係る電波の干渉・輻輳 (混雑) の緩和に向けた対応として「また、パブリックスペース等においては、共用型アクセスポイントについても、有効な電波の輻輳対策の手段となりうると考えられる。」と明記されている。そこで、広島大学では各通信事業者に協力を要請し、HINET Wi-Fi のアクセスポイントをキャリア Wi-Fi と共用することで干渉や輻輳の問題に対して対応することにした。

一方、HINET Wi-Fi 側でもスマートフォンの普及による無線 LAN の利用者数増加へ対応するためにキャリア Wi-Fi の学内への設置は歓迎された。キャンパス・ユビキタス・プロジェクトとして整備された頃は、学生が入学時に購入したノートパソコン (大学推奨パソコン) の接続を主目的として整備されており、利用者数はなだらかに増加する程度であった。しかしながら、スマートフォンが普及したことにより、各利用者が複数の IP アドレスを使うことになったこと、ノートパソコンと異なりスマートフォンは常時電源が入っておりアクセスポイントの近くに立ち寄った場合に自動で無線 LAN に接続し IP アドレスを使う場合が多いこと、などから DHCP で払い出される IP アドレス数は年々増加していった。特に共有スペースが多い東広島北地区 (SSID: HU-CUP10) の地域では、DHCP で /24 で IP アドレスを払い出していたのに対し、DHCP の払い出し数のピークが連日 200 を超えるなど、何らかの対策が必要な状況になっていた。DHCP サーバの IP アドレスのリース時間の短縮、払い出す IP アドレス空間の拡張 (/24 → /22) などで対策を進めていたが、スマートフォンによる影響を軽減できるキャリア Wi-Fi の設置については一つの対策として期待を持って受け入れられた。

### 3.2 実現方法

キャリア Wi-Fi としての接続は、図 2 のように無線 LAN コントローラから HINET Wi-Fi 集約スイッチに折り返した際にキャリア Wi-Fi 用のネットワーク (DHCP サーバや radius サーバを含む) と接続できる VLAN を割り当てることで実現している。2014 年 6 月 1 日現在、キャリア Wi-Fi の SSID は au\_Wi-Fi (2012 年 8 月 10 日開通)、Wi2premium\_club (2012 年 8 月 10 日開通)、0001softbank (2012 年 9 月 28 日開通)、docomo (2013 年 2 月 18 日開通)、NTT-SPOT (2013 年 2 月 25 日開通) の 5 つの SSID をマルチ SSID 機能を用いて共用で提供している。東広島



図 3 東広島東地区で接続できる SSID の例



図 4 HINET Wi-Fi ポスター

東地区で接続できる SSID のリストを図 3 で例示する。

利用可能なキャリア Wi-Fi の種類の学内構成員への周知は、HINET Wi-Fi のポスターのデザインを修正し、ポスター下部に各キャリアのロゴを含めることによって行っている (図 4)。ポスターは学外者用接続サービスの EAP-PEAP 用に必要な共有の ID およびパスワードを含めており、アクセスポイントを設置している周辺には必ず貼ることになっているため、その周知の効果は大きいと考えられる。なお、キャリア Wi-Fi の接続方法のサポートなどは本学の窓口では受け付けず、それぞれの事業者の窓口にお問い合わせをもらう運用にしている。

### 3.3 導入後の状況

キャリア Wi-Fi 導入によってスマートフォンの影響が軽減されていることを確認するために、DHCP サーバからの IP アドレスの払い出し数を調べた。調査期間は 2012 年 4 月 4 日から 2013 年 9 月 30 日で 1 時間毎に DHCP の払い出しアドレス数を取得している。図 5 は利用者数が最も多い東広島北地区 (HU-CUP10) における DHCP の払い出しアドレス数を示している。キャリア Wi-Fi 導入前の 2012 年前期 (4 月～7 月) はアドレス数が連日 200 を超えるような状況が続いていたが、夏季休暇中 (8 月、9 月) に大半のキャリア Wi-Fi が利用可能になった後、2012 年後期 (10 月～) の払い出しアドレス数は 50 程度減少しており、



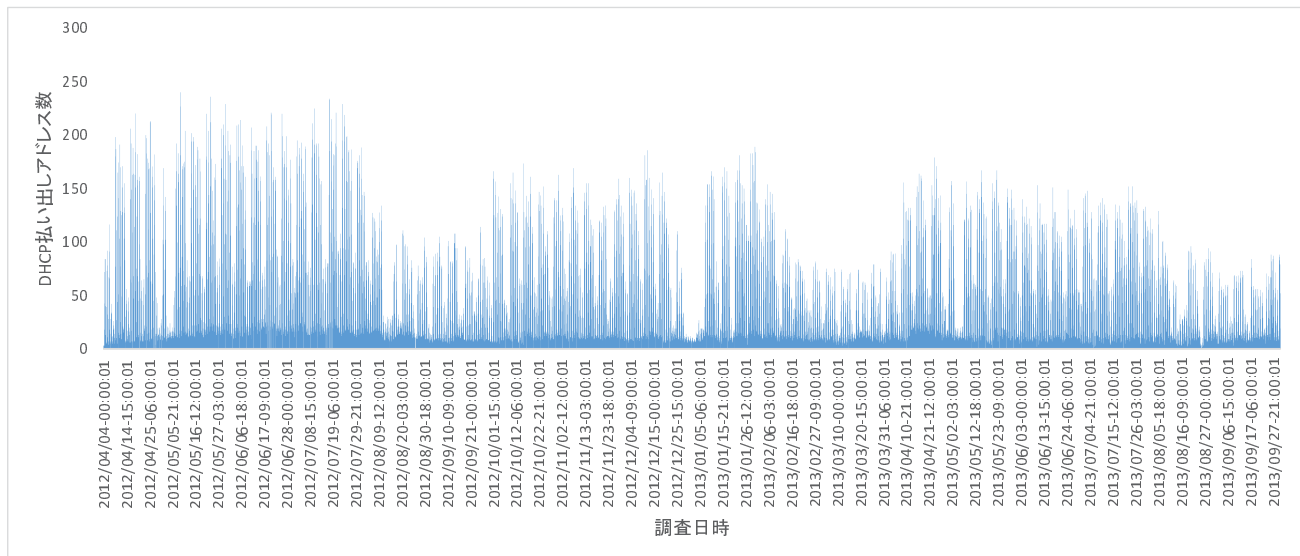


図 5 東広島北地区 (HU-CUP10) における DHCP の払い出しアドレス数

その後 2013 年前期 (4 月～7 月) でも同程度の水準で推移していることがわかる。なお、キャリア Wi-Fi と共用を始めた後、その影響で HINET Wi-Fi の従来のサービスが繋がりにくくなったなどの苦情は聞こえてきていない。

## 4. 可搬型アクセスポイントの導入

### 4.1 導入の経緯

2013 年度に HINET Wi-Fi はアクセスポイントの台数をそれまでの約 200 台から約 400 台へ増加させる追加整備を行った。追加整備の対象は共用スペースでカバー率が低かった建物、大規模なペーパーレス会議やセミナーを開催することが期待できる一部の会議室および講義室であった。しかしながら、台数の制限により全ての会議室・講義室をカバーすることは困難であり、依然として整備の要望がある部屋は残っている。

要望があったアクセスポイントの設置の目的の一つとして、短期で来訪している学外者を集めてセミナーや作業をする場合や小規模な学会や講演会などのイベント用の無線 LAN 環境の提供など、スポットで使う場合が挙げられる。この種類の利用の需要は多いと判断したため、一時的に HINET Wi-Fi と同様の環境の提供 (eduroam を含むゲスト用の SSID やアクセス制御の提供) ができる可搬型アクセスポイントを追加整備の一部として 10 セット導入した。可搬型アクセスポイントは管理者側の視点からも、アクセスポイント故障時の一時的な復旧の手段として利用すること、固定型のアクセスポイントを設置する際に事前に設置場所や設置台数を検討するときのテストで利用することなどで役立つことが期待される。

他大学の可搬型アクセスポイントの導入事例として青山学院大学の事例 [9] が挙げられる。この文献では上流の

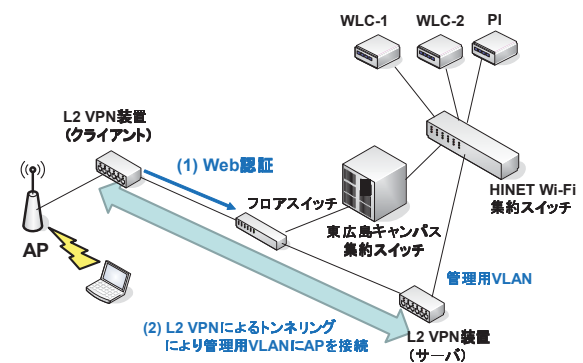


図 6 可搬型 HINET Wi-Fi アクセスポイントの接続方法

ネットワークを WiMAX にした可搬型アクセスポイントの貸し出しセットを作成し、有線 LAN の整備が困難な場所での利用もサポートしている。本稿の可搬型アクセスポイントは上流のネットワークは有線 LAN を想定しているが、その有線ポートは Web 認証を要求され、かつ HINET Wi-Fi の管理用 VLAN ではないユーザが普段使っているネットワークであることを前提として構築している。

### 4.2 実現方法

可搬型アクセスポイントを学内の任意の場所で利用可能にするためには、1) 利用者認証 (Web 認証) を実行できる、2) HINET Wi-Fi の管理用 VLAN にアクセスポイントを接続できる、ことが要求される。そこで、我々は図 6 の構成で可搬型アクセスポイントが HINET Wi-Fi の一部として接続できるようにしている。表 3 は可搬型アクセスポイントを接続するために導入した機器である。

L2 VPN 装置 (サーバ) の上流を HINET Wi-Fi の管理用 VLAN にし、下流をユーザが普段使っているネットワー

\*4 <http://www.mrl.co.jp/product/ugg05/index.html>

表 3 可搬型アクセスポイント用の機器

機器名称	仕様	台数
L2 VPN 装置 (サーバ)	UnifiedGate 1005*4	1
L2 VPN 装置 (クライアント)	UnifiedGate 404*4	10



図 7 可搬型アクセスポイント貸し出し用バッグ

クからアクセスできる VLAN (学内外から接続可能な IP アドレス) に設定する。L2 VPN 装置 (クライアント) は HINET2007 のフロアスイッチに Web 認証を実行し、その後 L2 VPN 装置 (サーバ) との間で L2 VPN によるトンネリングを行い、接続されたアクセスポイントを HINET Wi-Fi の管理用 VLAN に接続させる。なお、L2 VPN 装置 (クライアント) がキャンパスネットワークに接続する際 Web 認証を求められるため、装置に保存した ID とパスワードによって接続時に自動で Web 認証を実行する機能を追加した。

L2 VPN 装置 (サーバ) へ学外からのアクセスを認めているため、L2 VPN 装置 (クライアント) の Web 認証機能をオフにする設定にした上で外出先などで HINET Wi-Fi のアクセスポイントを動作させることも可能である。これは、例えばホテルなど学外で学会を開催する場合などに無線 LAN 環境を提供する場合などに利用できる。

#### 4.3 運用体制

広島大学では、2014 年 5 月 1 日より可搬型アクセスポイントの貸し出しサービスを開始している\*5。貸し出すバッグの中には L2 VPN 装置 (クライアント)、アクセスポイント、PoE 給電アダプタ、LAN ケーブル、接続用説明書など接続に必要なものが全て入っている (図 7)。利用者は説明書に従って図 8 のように配線をし、HINET2007 のフロアスイッチのポートに L2 VPN 装置 (クライアント) の上流側の LAN ケーブルを接続することで HINET Wi-Fi が提供可能となる。なお、現時点では貸し出しは学内での利用だけに限定している。

可搬型アクセスポイントの貸し出しには氏名や利用場所を記載した申請書の提出が必要であり、現在の 1 回の申請

\*5 <http://www.media.hiroshima-u.ac.jp/news/2014042501>



図 8 可搬型アクセスポイント関連機器の接続方法

での貸し出し期間の上限は 1 ヶ月となっている。貸し出し場所は広島大学情報メディア教育研究センター (以後、メディアセンター) の各窓口 (本館, 西分室, 霞分室) で受け付けている。なお、各 L2 VPN 装置 (クライアント) にはメディアセンターで取得したゲストアカウントとパスワードを設定し、もし可搬型アクセスポイント一式を紛失した場合はゲストアカウントのパスワードの変更および L2 VPN 装置間の secret の変更によって不正利用を防ぐ運用にしている。

#### 4.4 導入後の状況

まだ十分な広報が来ていないことやサービスを開始して間もないため、2014 年 6 月 1 日現在では数件程度の貸し出し数に留まっている。利用者から接続方法に関する質問などは聞こえてきていない。

#### 5. まとめ

本稿では、広島大学のキャンパス無線 LAN である HINET Wi-Fi について概説し、特に最近開始したキャリア Wi-Fi との共同利用と可搬型アクセスポイントの導入について、導入経緯および実現方法・運用について紹介した。これらの本学の事例がこれから新規に同様の無線 LAN のサービスを開始する組織に対して検討の一助になれば幸いである。

本稿で述べた可搬型アクセスポイントの貸し出しサービスは始まったばかりであり、問題点の洗い出しや改善点の考察については今後の運用を通して行うこととする。特に貸し出しサービスが拡大した場合には、ネットワーク機器の扱いに不慣れな利用者へも対応することも考えていかなければならない。具体的には、貸し出し用のバッグの中で必要な配線を全てした状態を作っておき、利用者はバッグを広げて上流の LAN 配線の接続と電源タップのコンセントへの接続の 2 つの動作だけで利用可能となるような手軽な構成を検討したい。

謝辞 HINET Wi-Fi の構築および運用に尽力頂いている広島大学情報メディア教育研究センター、広島大学学術・社会産学連携室情報化推進グループの関係者、および広島

大学学術・社会産学連携室広報グループ三戸里美主査に感謝の意を示す。

#### 参考文献

- [1] 相原玲二, 西村浩二, 岸場清悟, 田島浩一, 近堂徹: “利用者認証機能を持つ大規模キャンパスネットワークの構築”, 2008年電子情報通信学会総合大会, BS-8-7, pp.S-116-S-117, 2008年3月.
- [2] 相原玲二, 西村浩二, 近堂徹, 岸場清悟, 田島浩一: “全教員に個別ファイアウォール機能を提供するキャンパスネットワークの構築”, 情報処理学会研究報告, IOT, vol.2008, no.72, pp.29-34, 2008年7月.
- [3] 広島大学: “キャンパス・ユビキタス・プロジェクトの活動報告について”, 2011年11月, <http://www.hiroshima-u.ac.jp/top/intro/jyoho-ka/edu/CUP/>
- [4] 西村浩二, 秋成秀紀, 野村嘉洋, 相原玲二: “遠隔機器制御プロトコルを用いた有線/無線 LAN 用情報コンセントシステム”, 情報処理学会論文誌, vol.43, no.2, pp.662-670, 2002年2月.
- [5] 藤村喬寿, 田島浩一, 大東俊博, 西村浩二, 相原玲二: “大規模キャンパスネットワーク HINET2007 へのシングルサインオン機能の実装および評価”, インターネットと運用技術シンポジウム 2010 論文集, vol.2010, no.14, pp.111-118, 2010年12月.
- [6] 藤村喬寿, 西村浩二, 近堂徹, 大東俊博, 田島浩一, 相原玲二: “スイッチベースの認証ネットワークへのシングルサインオン機能の実装と評価”, 情報処理学会論文誌, vol.53, no.3, pp.958-968, 2012年3月.
- [7] eduroam JP, <http://www.eduroam.jp/>
- [8] 無線 LAN ビジネス研究会: “無線 LAN ビジネス研究会報告書(案)”, 総務省無線 LAN ビジネス研究会第7回会合配布資料, 資料 7-1, 2012年7月, [http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/kenkyu/lan/02kiban04\\_03000092.html](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/lan/02kiban04_03000092.html)
- [9] 三島和宏, 坂田哲人, 宮川裕之: “ポータブル WiMAX ルータを用いた可搬型マネージド無線 LAN システムの構築”, 情報処理学会研究報告, IOT, vol.2013, no.4, pp.1-5, 2013年7月.