

[大学 ICT 推進協議会 2018 年度年次大会論文集より]

学術無線 LAN ローミング基盤 eduroam と 次世代ホットスポット基盤 Cityroam のキャンパスへの展開

原田 寛之¹⁾, 後藤 英昭²⁾

1) 札幌学院大学 情報処理課

2) 東北大学 サイバーサイエンスセンター

se-harada@e.sgu.ac.jp

Deploying a Campus-Wide Wireless Network: eduroam and the Next Generation Hotspot Infrastructure Cityroam

Hiroyuki Harada¹⁾, Hideaki Goto²⁾

1) Information Processing Division, Sapporo Gakuin University

2) Cyberscience Center, Tohoku University

概要

学術無線 LAN ローミング基盤 eduroam は、国内 228 機関（2018 年 8 月現在）、世界約 90 か国（地域）が参加する基盤へと成長し、参加機関の構成員は相互にキャンパス無線 LAN を利用可能な仕組みが広く運用されることとなった。一方で、大学と地域社会との連携が進む中で、キャンパス無線 LAN を市民に開放しているのはキャリアと連携している一部の大規模な大学に限られている。小規模な大学でもキャンパス無線 LAN の市民へのセキュアな開放を実現するため、本学では eduroam に加えて学内全てのアクセスポイントを 2018 年より次世代ホットスポット基盤 Cityroam に接続し試験運用を開始する。本報告では、これまでの eduroam の運用に加え、キャンパス無線 LAN 開放の 1 つの方法として Cityroam に接続するメリットと今後の課題について報告する。

1 はじめに

本学では 2011 年にキャンパス内に導入学部の違いなどから複数存在していた無線 LAN を統合すると共に、利用可能エリアをキャンパス内全域に拡張し、学生及び教職員がキャンパス内でどこでも無線 LAN 接続にできる環境を整備した。更に 2012 年に eduroam [1] に参加し、本学構成員のみならず eduroam アカウントを持つ学外者がキャンパス無線 LAN の全てのアクセスポイントを利用できる環境を整備した。eduroam については、本学を会場とする学会等で一時的に参加者にキャンパス無線 LAN を使用させたいという要望に対するゲスト用アカウントの発行基盤としても利用されている。

一方で、本学では江別市文京台に保有するキャンパスに加え、2021 年度に札幌市厚別区新札幌へ分校舎を建設する予定である。これは札幌市の新

さっぽろ駅周辺の再開発に連動したプロジェクトであり、従来以上に大学と地域社会との連携が求められている [2]。また、国の第 3 期教育振興計画（2018 年度から 2022 年度）においても、社会の持続的発展に向けた地域課題解決のための学びの推進として、地域の学校や大学等と学習活動の拠点となる社会教育施設との連携について触れられている [3]。本学の新札幌分校舎においても図書館やホール、産学連携拠点といった設備を市民が利用することが想定されているが、キャンパス無線 LAN の市民への開放についてはこれまで実現できていなかった。これを実現するための課題の洗い出しを行う目的で、セキュア公衆無線 LAN ローミング研究会 [4] が 2017 年に次世代ホットスポット (NGH) 基盤として整備した Cityroam [5] に 2018 年より接続し、市民へのキャンパス無線 LAN 開放に向けた実証実験を開始する準備を進めている。

本稿では、第 2 章で本学の eduroam の構成と運用について、第 3 章で市民へのキャンパス無線 LAN 開放を目的とした Cityroam への参加とそのメリットについて述べる。第 4 章は本稿のまとめである。

2 本学の eduroam の構成と運用

2.1 本学における eduroam の構成

本学の第 1 キャンパスには 11 棟の建屋があり、2 台で冗長化された Aruba 7210 コントローラ配下に 141 台のアクセスポイント (AP) を設置している (図 1)。

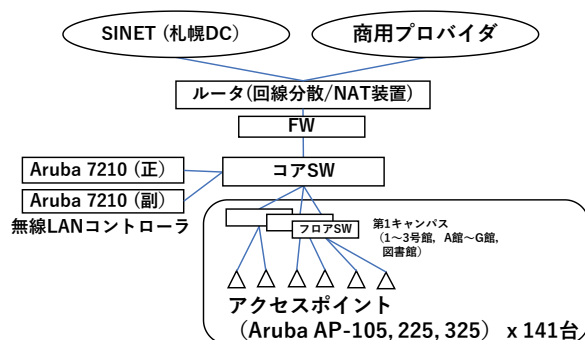


図 1 ネットワーク構成図

本学は eduroam に参加する以前から学生・教員向けに独自の SSID による無線 LAN 接続サービスを提供しており、コンピュータ教室の PC へのログインに利用する Active Directory のアカウントを用いて IEEE802.1X 認証での持込デバイスの無線 LAN 接続を可能としている。また、IEEE802.1X 認証が利用できないデバイスの接続のため、PSK (事前共有キー) とキャプティブポータル認証/MAC アドレス認証による接続方式も継続して運用している。

2012 年に eduroam に参加した際、既に Aruba 製品での IEEE802.1X 認証については問題なく運用できており新たに必要とする機器などの制約はなかったが、図書館で契約している電子ジャーナル等の契約の関係上、eduroam 向けのアクセスネットワークを別途構築する必要があった。このため、国立情報学研究所が試験的に提供している eduroam アクセスネットワーク収容サービスを

利用することとした。具体的には、IPv4 の /30 のアドレスブロックの割り当てを受け、既設 SINET 接続を行っていた回線を VLAN 多重モードに変更し、同回線の VLAN を利用する方法で eduroam アクセスネットワークを確保した。

次に、AP からの eduroam 利用者からの認証要求を処理する RADIUS サーバについて、eduroam のネットワークを学内ネットワークと分離するため、学生・教員向けの無線 LAN 接続サービスの IEEE802.1X 認証で使用していた RADIUS サーバとは独立の RADIUS サーバを構築する必要があった。eduroam JP のサイト上に、FreeRADIUS による RADIUS サーバ構築についての説明が充実しており、これを参考に仮想サーバとして新たに eduroam 向けの RADIUS サーバを構築した。学内には eduroam の RADIUS IdP (ID プロバイダ) は構築せず、AP からの認証要求を全て eduroam JP の RADIUS サーバに転送する RADIUS Proxy として構築している。

本学の構成員が eduroam を利用するための RADIUS IdP については、東北大学が開発・運用し、eduroam JP に提供している eduroam 代理認証システム [6] を 2012 年に採用し、電子計算機センターにて eduroam 利用希望者に都度アカウントを発行する形式とした。また、学術会議・研究会などにおけるゲストアカウント発行の要望があった場合には、同システム上で必要数のアカウントを発行し、責任者に一括で発行するサービスを提供している。

これに加え、2014 年には学術認証フェデレーション (学認) [7] に参加し、国立情報学研究所が提供している eduroam 仮名アカウント発行システム (2017 年度より eduroam JP 認証連携 ID サービスに移行されている) [8] を本学の Active Directory アカウントによる Shibboleth 認証にて利用できるよう環境を整備し、学生・教職員が自ら eduroam JP 認証連携 ID サービスにログインすることで電子計算機センターを経由することなく eduroam アカウントを発行できるように運用

を改善した。学認との接続においては株式会社ネットスプリングのアプライアンス製品である Axiole の IdP オプションを採用し、Shibboleth IdP を短期間で構築することができた。

また、eduroam 仮名アカウント発行システムにより発行されるアカウントは従来利用機関すべてで共通のレルムとなっていたが、eduroam JP 認証連携 ID サービスへの移行と共に、加入機関毎に異なったレルムのアカウントが発行されるよう機能が拡張された [9]。これにより、本学のように自前の eduroam の RADIUS IdP を持たず、学内向けネットワークと eduroam ネットワークを分離するために SSID を複数運用していた大学においても、アカウントのレルムによってネットワークを割り当てる認証 VLAN の仕組みで両者を eduroam に統合することが可能となった。認証 VLAN の導入については今後の検討事項である。

2.2 本学における eduroam の運用

本学キャンパスには eduroam に参加している他大学のキャンパスが隣接しており、単位互換・サークル活動などで来訪する他大学の学生は日常的に eduroam を利用している。一方、本学の学生による eduroam アカウントの発行は非常に少ない状況にある。これは、学生はキャンパス内であれば Active Directory アカウントにより直接無線 LAN 接続が行えること、eduroam についての学内での広報が不足していること、他大学を訪れて無線 LAN 接続を行う必要を感じている学生が少ないことなどが理由であろうと推測される。しかし、eduroam により ICT を活用した学習の場はキャンパス内から世界中に広げることが可能であることを周知し、eduroam を利用する学生を増やすことは、深い学びの成果を得る学生を増やすことに繋がっていくと考えられるため、学生の利用率を上げていくことが課題である。

教員に関しては、他大学を非常勤講師として訪れたり、学術会議や研究会等に出席したりする際などに eduroam アカウントを取得して活用している。また、一部の講義で採用されているティー

チング・アシスタントについては他大学の大学院生が多く、既に所属機関で発行した eduroam アカウントを保有しているため、eduroam への接続は日常的に行われている。

eduroam 接続に用いられているデバイスについては、2013 年頃までの一部メーカ製 Android 端末については IEEE802.1X の利用がしにくい機種があったが、2014 年以降の端末においては支障なく利用することが可能となっており、現在では PC およびスマートフォンについては問題がない。但し、スマートスピーカー、スマートウォッチ、プロジェクターへの映像伝送機、プリンターなど IEEE802.1X 接続に対応していないデバイスもあり、これらは現在 eduroam 接続を行うことはできない。

eduroam を利用したユーザによるセキュリティインシデント等の発生時には、アクセスポイントを設置している SP 側は利用者を特定するために、アカウント発行に責任のある IdP 側の協力が必要となる。あるいは、本学が責任を持って発行したアカウントについて、SP 側からインシデント発生に際し協力を求められる場合も想定される。これらについては eduroam JP 実施要領 [10] に定められており、インシデントの対応のため現在は eduroam JP サービス技術基準・運用基準 [11] において少なくとも 6 ヶ月間は規定のログ等を保存するよう定められている。また本学では同技術基準・運用基準に従い、原則として全てのポートについて通信を制限しない運用としているが、これまでのところインシデントは本学では SP (サービスプロバイダ) としても IdP としても発生していない。

eduroam JP に関する技術的な障害事例として、Aruba 製コントローラでは EAP パケットを終端させる Termination という機能があるが、通常終端させないよう無効になっている。これが意図せず有効になっていると、eduroam JP の JP RADIUS は認証要求を受け付けないため、注意する必要がある。eduroam JP サービス技術基準・

運用基準 [11] においても EAP メッセージは改変せずに転送しなければならない、と規定されている。

3 Cityroam への参加とそのメリット

3.1 キャンパス無線 LAN の市民への開放

eduroam への参加と環境整備により、eduroam アカウントを所属機関で発行して本学を訪れる他大学の学生・教職員などは本学にてキャンパス無線 LAN への接続が可能となった。また、学術会議や研究会などで一時的に本学施設を利用する eduroam アカウントを保有していない利用者に対しても、一時的な eduroam アカウントをゲストアカウントとして発行することで、キャンパス無線 LAN のサービス提供が可能となった。しかしながら、本学で開講している市民講座の受講者や、図書館を利用する市民に対してはキャンパス無線 LAN のサービス提供が実現できていない。例えば本学の図書館は、試験期間中を除き学外者に図書の貸出を含めて開放されているが、図書館を利用する学外者がインターネット接続サービスを希望する場合には、事前にキャンパス無線 LAN への接続を機器に対して設定した PC を図書館カウンターで都度貸し出す対応を取っている。

このような状況の中、本学は江別市文京台の第 1・第 2 キャンパスに加え、2021 年に 5km ほど離れた札幌市厚別区の新札幌駅近くへ分校舎を建設することとなった。この分校舎建設と運用にあたっては、多目的ホールや図書館などの地域住民の利用が想定されており、生涯学習機能や多世代交流機能といった地域ニーズに十分応えていく必要がある。加えて、新札幌拠点においては学校機能と商業・先端医療機能を相互に連携させ、より効果的な人材育成や産学連携を展開していくことが掲げられている [2]。また、国の第 3 期教育振興計画（2018 年度から 2022 年度）においても、社会の持続的発展に向けた地域課題解決のための学びの推進として、地域の学校や大学等と学習活動の拠点となる社会教育施設との連携について触れられているとおり [3]。本学の学生・教職員ならびに

学術関係者と同等の安全な無線 LAN 接続サービスを市民に提供することは、学生・教職員と市民活動の連携を効果的に行い、双方によりよい成果をもたらす上で不可欠のものとなると考えている。このようなニーズは、本学のみならず全国の大学においても多くなっていくことが想定されるが、キャンパス内での市民への無線 LAN サービス提供については、現在一部の大学が行っているに留まっている。

3.2 他大学におけるキャンパス内での市民への無線 LAN 接続サービスの提供

市街地等の公衆無線 LAN の中には、SSID を暗号化せず認証なしに接続を可能とし、メールアドレスの入力等と利用規約への同意のみでサービス提供しているケースが多数見受けられる。しかし、本人確認がなされておらずインシデント発生時の追跡が困難なことや、通信経路が暗号化されておらず容易に盗聴可能であるなどの問題があり、このような形式での大学内への公衆無線 LAN 設置は好ましくない。

より安全にキャンパス内で無線 LAN 接続サービスを市民へ提供する手法として、広島大学、京都大学、鹿児島大学といった一部の大学ではキャンパス無線 LAN にキャリア Wi-Fi（NTT ドコモ、KDDI、ソフトバンク）を相乗りさせてサービス提供を試み [12] が行われている。これは、キャンパス無線 LAN の AP 側で各キャリア Wi-Fi の SSID を送出するよう設定した上で、キャリア毎に VLAN を分け、専用の回線で各キャリアのネットワークに收容する方式である。この場合、キャンパス内の AP は全て無線 LAN コントローラで一元的に管理されるため、キャリア Wi-Fi 毎に独立した AP をキャンパス内に設置する方式に比べ無線 LAN の電波干渉の問題は発生しづらい。しかし、キャリア毎に複数の SSID を送出すると、SSID の数とエリア内のクライアント数に応じてビーコンやプローブといった制御用の通信の占有時間が増加するため、SSID の数が多すぎると通信品質の低下を招く場合があり、注意が必要である。

またキャリア Wi-Fi は、基本的にはキャリアの電話回線契約のオプション機能として提供されているため、日本のキャリアと契約を結んでいない訪日外国人などはサービスを利用できない。加えて日本国内では、キャリアの回線を借り受けて事業を行う仮想移動体通信事業者（MVNO）の参入が進み、キャリア Wi-Fi を利用できない MVNO 回線の利用者也増加している状況にある。国内 MVNO 市場規模の推移として、2014 年 3 月末では 173 万回線であったものが、2018 年 3 月末では 1082.8 万回線に達し、急速に普及していることがわかる [13]。この傾向は今後も進むと見られ、大学を訪れる市民にキャリア Wi-Fi のみで対応することは難しくなっている。

3.3 次世代ホットスポット（NGH）の登場と世界の公衆無線 LAN の動向

より安全で利便性の高い公衆無線 LAN 接続サービスの提供については世界共通の課題となっているが、この実現に向け「次世代ホットスポット（NGH, Next Generation Hotspot）」という規格が策定された [14]。NGH は、Wireless Broadband Alliance（WBA）と Wi-Fi Alliance が共同で推進している規格で、認証部分については従来の IEEE802.1X 認証を使用しているのに加え、端末が自動的に自組織とローミング接続している AP を探索し接続する Passpoint（Hotspot 2.0）を中心とする規格である。既に米国では AT&T のキャリア Wi-Fi や Boingo などの無線 LAN サービス事業者において Passpoint が採用され [15]、サービス提供が行われている。

NGH の登場以前は、仮に複数の IdP がローミング接続されていても、AP が送出する SSID が異なっている場合は、利用者は事前に訪問先の SSID を知っていないと接続を行うことが難しいという問題があった。このため、eduroam では加入期間は共通で SSID を eduroam として設定することが求められている。NGH の登場以降、複数の IdP をローミング接続し、かつ SP がそれぞれ異なる SSID を送出している状況でも、いずれかの IdP に

より発行されたアカウントを持つ利用者は、自動的に訪問先の SP が提供する公衆無線 LAN サービスに SSID を意識せず接続することが可能となった。

NGH 導入を推進する目的で、海外では 2016 年に、世界各地の都市で提供されている公衆無線 LAN を NGH 基盤で接続することにより、ひとつの IEEE802.1X アカウントで相互利用できる環境を実際に構築しようとする世界規模の実証実験、City Wi-Fi Roaming が WBA の主催で行われた。利用者は NGH 基盤にローミング接続されているキャリアの SIM カードや IdP 事業者が発行する IEEE802.1X アカウントを認証に用いることで、初めて訪れる都市の公衆無線 LAN を安全に利用することを可能とする試みであった。

3.4 セキュア公衆無線 LAN ローミング研究会の発足と Cityroam

日本国内でも安全で利便性の高い公衆無線 LAN を提供する仕組みの構築を目指す有志が集まり、2017 年に「セキュア公衆無線 LAN ローミング研究会（NGHSIG）」[4] を発足するに至った。

同研究会において、RADIUS を中心とする認証基盤、SP がサービス提供に使用する機器や利用者が接続に利用する端末の各種 OS の Passpoint 対応状況などについての情報収集と開発を進めると共に、NGH テストベッド基盤を構築し運用を開始した。また IdP としても NGHSIG クラウド IdP の運用を開始して NGH テストベッドに接続し、複数の通信事業者及び開発者の AP を SP として接続し、日本国内で NGH が利用できる環境を整えた。

並行して NGHSIG では WBA との交渉を進め、2017 年の 6 月から 8 月にかけて開催された第 2 回目の City Wi-Fi Roaming には東北大学が大学としては世界で初めて [16]、また国内の複数の都市において通信事業者が SP としてそれぞれ NGHSIG を通して接続し [17]、実際のサービス提供を行った（図 2）。本学は、2017 年の City Wi-Fi Roaming については利用者が接続に使用する

端末のサポート対応や、利用者へのアカウント配布についてサービス運用できるレベルに至っていないと判断し、参加を行わなかった。



図 2 City Wi-Fi Roaming 2017 参加都市一覧

参加を見送った理由の 1 つに、利用者が接続に利用する端末のうちの Android 端末の Passpoint 実装状況が明確になっておらず、利用者から本学スタッフへの問い合わせなどについての対応体制に懸念があったことがあげられる。Android は 2017 年 8 月にリリースされたバージョン 8.0 の互換性定義（CDD, Compatibility Definition Document）[18]において、それまで端末メーカーに委ねられていた Passpoint 実装について、接続をサポートするべきであること、サポートしない場合の端末内部処理を標準化するように規定された。これにより、Android 8.0 以上が動作する端末についての Passpoint 接続の対応状況を調査することが容易となった。筆者は CDD に沿って Android 8.0 以上の端末で動作する Passpoint 対応状況判定用のアプリケーションを開発し、Google Play ストアを通じて一般に公開 [19]すると共に、Android 8.0 以上の端末を所有している一般の方や端末メーカーに SNS 等を通じて同アプリケーションのスクリーンショット（図 3）の提供を依頼するなどの手法で調査を行った、



図 3 HS2.0 device checker

情報収集は現在も継続しているが、国内外で販売されている Android 端末について、Passpoint 対応状況のキャリア、メーカー毎の対応状況を概ね把握することができ、本学の実証実験参加およびサービス提供に向け懸念の多くを解消することができた。

現在、NGHSIG は実証実験を通じて得られたノウハウを基に、国内でセキュア公衆無線 LAN サービスの展開を本格化させており（図 4）、2018 年 6 月より国内の認証連携基盤及びサービスのブランド名として、Cityroam™ の名称で呼んでいる。



図 4 Cityroam 基地局マップ(2018 年 8 月現在)

2017 年の第 2 回目の City Wi-Fi Roaming においては、実際に利用した利用者は主に NGH に関心のある開発者や事業者の関係者が主体であった。札幌学院大学では、より広い Cityroam の普及に向け、サービス形態の 1 つとして、大学が一般市民へのサービス提供基盤として Cityroam を利用する際の運用上の課題を洗い出すため、2018 年 10 月より行われる第 3 回の City Wi-Fi Roaming に

において、学内全てのアクセスポイントの Cityroam への接続を計画している。これにより、ローミングに参加しているいずれかの IdP 事業者のアカウントを保有している利用者に無線 LAN 接続サービスを提供すると共に、NGHSIG クラウド IdP を用いて本学の電子計算機センターにおいて希望する市民に本人確認のもと対面でアカウントの発行を行う予定である。

3.3 キャンパス無線 LAN を Cityroam に接続するメリット

キャンパス無線 LAN に単にキャリア Wi-Fi を相乗りさせる方式に比べ、NGH によるローミングの方式では、ローミング参加する事業者が増えても SSID を増やす必要がなく、通信品質の低下が発生しづらい。

また、Cityroam の SP は、通信事業者および eduroam を提供する教育研究機関などに限定されており、各 SP は盗聴や改ざんなどを行わないように義務付けられる。1X 認証では、端末が事前に正しく設定されている限り、偽の AP に対する認証は失敗するため、Cityroam を利用した市民が攻撃者による不正なネットワークに誘導され通信内容が盗聴されることはない。

利用者は、Passpoint に対応している端末であれば SSID を意識することなく自動的に接続が可能である。これにより、大学キャンパス周辺の公共施設や市街地の公衆無線 LAN が Cityroam に接続されると、利用者はシームレスに移動先で公衆無線 LAN を安全に利用可能となる。利用者が利用する端末が Passpoint に対応していない場合でも、認証部分は従来の IEEE802.1X 認証であるため、ユーザに SSID を通知し手動で認証情報を端末に設定してもらうことで利用が可能である。

また、eduroam JP は現在 Cityroam にローミング接続されているが、eduroam を Passpoint に対応させる仕組みの開発が完了していないため、現時点では eduroam アカウントを用いて Cityroam に Passpoint 接続することはできない。将来的には学生・教職員が持つ eduroam アカウ

ントを用いて Passpoint 認証にてキャンパス無線 LAN のみならず市街地の Cityroam に接続された公衆無線 LAN を安全に利用可能となるように準備を進めている。

4 まとめ

本稿では、札幌学院大学におけるこれまでの eduroam の構築と運用について、また今後キャンパス無線 LAN を市民に開放するための Cityroam の展開状況と実証実験への接続計画およびそのメリットについて述べた。キャンパス無線 LAN を市民に安全に開放する手法を提案し、ひいては Cityroam の中核技術の NGH 基盤および Passpoint によるサービス提供についての技術と運用方法を広く国内外に提案・技術協力していくことで、世界の公衆無線 LAN の次世代化に貢献すると共に、eduroam と Cityroam の連携によって学生が安全に利用できる公衆無線 LAN 環境を普及させ、先進的な教育研究環境の拡充を目指している。

参考文献

- [1] eduroam JP: <https://www.eduroam.jp/> (2018 年 8 月 28 日参照)
- [2] “新さっぽろ駅周辺地区 G・I 街区公募提案審査報告書,” 新さっぽろ駅周辺地区 G・I 街区公募提案審査委員会, p.6.
http://www.city.sapporo.jp/toshi/kukaku/kyoten/s_hinsapporo/kouboteiann.html
- [3] “第 3 期教育振興基本計画,” 文部科学省, p.7.
http://www.mext.go.jp/a_menu/keikaku/detail/14_06127.htm
- [4] セキュア公衆無線 LAN ローミング研究会 (NGHSIG) : <https://nghsig.jp/> (2018 年 8 月 28 日参照)
- [5] 後藤英昭, “安全で利便性の高い公衆無線 LAN を提供する次世代ホットスポット基盤 Cityroam,” 東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システム広報 SENAC, Vol.51, No.3, pp.16-19, 2018.
http://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/refer/senac.html#2018_7
- [6] eduroam 代理認証システム: <https://www.eduroam.jp/deas/> (2018 年 8 月 28 日参照)
- [7] 学術認証フェデレーション: <https://www.gakunin.jp/>

- (2018 年 8 月 28 日参照)
- [8] eduroam JP 認証連携 ID サービス:
<https://federated-id.eduroam.jp/>
(2018 年 8 月 28 日参照)
- [9] 中村素典, “eduroam JP 認証連携 ID サービス
新機能,” NII 学術情報基盤オープンフォーラ
ム 2018.
- [10] eduroam JP 実施要領:
<https://www.eduroam.jp/rules/>
(2018 年 8 月 28 日参照)
- [11] eduroam JP サービス技術基準・運用基準:
<https://www.eduroam.jp/rules/>
(2018 年 8 月 28 日参照)
- [12] 大東俊博, “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～,” 情報
処理学会研究報告, Vol.2014-IOT-26, No.7.
- [13] “国内 MVNO 市場規模の推移 (2018 年 3 月
末),” 株式会社 MM 総研:
<https://www.m2ri.jp/news/detail.html?id=310>
(2018 年 8 月 28 日参照)
- [14] 後藤英昭, “次世代ホットスポット (NGH)
の世界動向と NGH 対応 eduroam システム
の開発,” 信学技報 IA2017-61/IN2017-60,
pp.49-54, 2017.
- [15] Boingo Passpoint Secure Hotspot Access:
<https://passpoint.boingo.com/>
(2018 年 8 月 28 日参照)
- [16] “City Wi-Fi Roaming 大学としては世界初参加
-世界中でつながる次世代ホットスポット
(NGH) と eduroam の連携を推進-” 東北大学
プレスリリース, 2017 年 6 月 27 日.
https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2017/06/press_20170627-01.html
(2018 年 8 月 28 日参照)
- [17] City Wi-Fi Roaming 2017, NGH SIG:
<https://nghsig.jp/cwr2017.html>
(2018 年 8 月 28 日参照)
- [18] Android 8.0 Compatibility Definition, 7.4.2.4. Wi-
Fi Passpoint:
<https://source.android.com/compatibility/8.0/android-8.0-cdd>
(2018 年 8 月 28 日参照)
- [19] HS2.0 device checker:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=tech.pirosap.hs20devicechecker>
(2018 年 8 月 28 日参照)