

東京大学における全学無線 LAN 整備

玉造 潤史¹⁾, 中村 誠¹⁾, 中村 遼²⁾, 石原 知洋³⁾, 田中 哲朗²⁾,
竹内 朗¹⁾, 野口 昌志¹⁾, 宇野 伸一¹⁾, 小川 剛史²⁾

1) 東京大学情報システム本部

2) 東京大学情報基盤センター

3) 東京大学大学院総合文化研究科

utokyo-wifi-tf@itc.u-tokyo.ac.jp

University-wide Wireless Network Environment at the University of Tokyo

Junji Tamatsukuri¹⁾, Makoto Nakamura¹⁾, Ryo Nakamura²⁾, Tomohiro Ishihara³⁾,
Tetsuro Tanaka²⁾, Akira Takeuchi¹⁾, Masashi Noguchi¹⁾, Shinichi Uno¹⁾, Takefumi Ogawa²⁾

1) Division for Information and Communication Systems, The University of Tokyo

2) Information Technology Center, The University of Tokyo

3) Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

概要

東京大学では 2022 年度より大学キャンパス全域をカバーする無線 LAN 環境の整備を実施している。本稿では、東京大学におけるこれまでの全学的な無線 LAN 運営の流れを踏まえキャンパス全域整備を決定するに至った状況を紹介する。また、得られた知見を大学等の高等教育研究機関において大規模な全域無線 LAN 環境を整備するために必要な要件として示す。

1 はじめに

東京大学において 2022 年度から整備を行なったキャンパス全域をカバーする無線 LAN 設備整備について紹介する。東京大学は国内最大の規模を有する大学であり、その規模から大学キャンパスの全域をカバーする Wi-Fi 設備を整備するといっても、政策的、運営的、技術的な多くの観点について対応し解決して対応することが必要であった。それらの多くは今後同様の整備を実施する高等教育研究機関において参考としていただける部分があると思われる。この全学的整備は時期的にコロナ禍によるオンライン化やデジタル化そして DX の流れを受けて実施されたものと受け取られるであろうと想像する。そして東京大学はそのような事態に非常に早急に対応したのだなと受け取られることと思う。しかし、実際には違っていて、この整備は大学における教育・研究活動の高度化からくる情報インフラへの要請に応えるべく段階的に進めてきたものである。そしてその整備は 2023 年の今をもっても継続中である。そのため、残念ながら我々の整備は

コロナ禍を経た教育のハイブリッド化や研究基盤の高度化に完全には間に合わせることができなかったと言える。しかし、昨今の状況を踏まえると高等教育研究機関における情報インフラはすでに普遍的であることが求められており、大学成果の基盤として必須のものとなっている。既に多くの大学機関ではキャンパス全体をカバーする Wi-Fi など当然のものとしてサービスしていることと思う。しかし、先に述べた通り本学の規模での経験はこれからの情報インフラの運営において共有すべき経験・知見があると思われる。そのため、全学普遍の Wi-Fi 環境を整備するに至った本学の状況についていかに紹介する。また、現在の本学における Wi-Fi サービスは、これまでのサービス提供の収斂の結果である。限られた予算、限られた人員、限られた技術の中で、利用者、経営層、運営に携わる者といったさまざまなステークホルダの要望と社会情勢を考慮して方向性を定め、協力して実現してきたインフラである。これまで、情報システム運営における問題はたびたび提示されてきた。その観点から、本整備はさまざまな制約があるなかでサービス提供まで到達

することができた成功事例であるとも言える。そのため、本学が実施した整備が国内のさまざまな大学における情報インフラ整備へとつながり、さらに大学界全体の情報インフラへの認知向上つながることを期待する。本稿では、これら観点を踏まえ全学整備に至るまでのこれまでの経緯について紹介した後、現在整備中の全学無線 LAN 設備の詳細を示す。そして、最後に今後の本学が目指す情報インフラの方向性についてまとめる。

2 東京大学における無線 LAN 整備のこれまで

2.1 utroam の成立

2011 年より、全学で統一的な無線 LAN サービスを提供する目的で、utroam サービスが開始された [1]。utroam は、本学において全学で統一的な無線 LAN サービスを提供しようという最初の試みであり、本学ではそれまでは無線 LAN サービス自体が存在していないか、各部局ごとに独自に無線 LAN が運用されている状態であった。utroam は大学キャンパス内のどの場所であっても同一の接続設定およびアカウントで接続できることを目的として立ち上がったが、当時はキャンパス全体に一律に基地局を配置するだけの予算確保が難しい状態であった。そのため、utroam では各部局で運用している無線 LAN インフラに相乗りする形で運用することとなった。そのため utroam では学内ネットワークに接続されている新たな無線セグメントと認証システムのみ新たに構築した。その無線セグメントへの接続については、各部局の管理する無線 LAN から utroam の SSID を出力してもらい、その SSID に接続したユーザが Captive Portal による認証を行う設定とした。すなわち学内組織をまたがった無線ローミングサービスであることから、utroam という名称になっている。utroam 立ち上げ当初は、部局の無線 LAN システムがコントローラを利用した集中管理になっていない場合も多く、複雑な設定が難しいことから、utroam の SSID への接続自体は共通の WPA キーによる単純な認証としていた。その後各部局でエンタープライズ向け無線 LAN 基地局や無線 LAN コントローラの導入が進むことにより、802.1X 認証の対応も可能となったため、802.1X PEAP 方式での接続サポートも順次行なった。

utroam は最低限の投資で全学統一サービスを実現するものであったため、正式なユーザサポート体制は構築されず、各ユーザは部局の無線 LAN 担当者や、各

部局の ICT サポート窓口がボランティアのような形でユーザへの対応を行なっている状態となっていた。

2.2 教育用無線 LAN 整備

ICT システム整備検討委員会での全学的な整備の必要性の議論の結果、2014 年に学内の主要キャンパスを対象として無線 LAN 環境の整備状況の調査を行なった。調査結果では、学内の部局ごとの無線 LAN 整備状況には差があり、特に学生等が必要とする教室などへの設置が少ないこと、全学的な会議、国際的な会議をする会議室であっても設備が少ないことが判明した。この結果を受け、教育向け・国際的な会議向けの設備における全学的な無線 LAN 設備の予算要求を実施した。2015 年度に入り予算の措置が決定され、初の全学的な無線 LAN 設備として「教育用無線 LAN」が整備された。教育用無線 LAN では主要 5 キャンパスの教室、会議室に対して基地局を設置するとともに、無線 LAN の基幹機能として utroam によって始まった Wi-Fi アカウント基盤および Firewall などのネットワークセキュリティ機能の整備をおこなった。基幹機能として、無線コントローラ (Cisco8540)、無線管理装置 (Cisco Prime Infrastructure)、Firewall (Paloalto PA-5060)、認証機能 (HCNET Account@Adaptor)、DHCP、DNS、ログシステム (検索: Log@Adaptor および保存: syslog サーバ) を導入し、直接接続する全学無線基地局の他、部局が整備した無線基地局を収容する構成とした。ユーザ向けのセグメントは学内アドレスに NAT され学内ネットワークで利用できる全てのネットワークサービスが利用できる”UTokyo WiFi”、世界的に利用でき、学外アドレスに NAT される”eduroam”、そしてソフトバンク社と協定を結び Free Wi-Fi Passport を学内向け SSID で利用可能としたゲストネットワーク”UTokyo Guest”の 3 種類を提供することとした。これらのネットワークを利用するため、各部局は utroam から引き続き全学の認証サーバと連携設定し、ユーザネットワーク VLAN を延長して部局内設備において全学的なネットワークを利用することができるようになった。無線設備としては学内の教室および会議室を対象に本郷・駒場 2・柏・白金キャンパスに AP 715 台、PoE スイッチ 126 台を学内に整備した。AP は TF が直接設置した約 40 の建物と 4 部局 (工学部、新領域創成研究科、地震研究所、文学部) の設備に対して追加する形で整備した。駒場 1 キャンパスは整備時に別の無線 LAN 環境整備が進行していたため部局設備として接続されている。教育用無線 LAN で整備した Firewall は東京大学において

全学的なネットワークをカバーする初めてのセキュリティ基盤となり、その後、全学 Firewall 整備に至る基盤となった。こうして教育用無線 LAN 整備によって大学全体に組織を跨いで利用可能な Wi-Fi サービスである「UTokyo Wi-Fi」が実現した。

3 UTokyo Wi-Fi

教育用無線 LAN 整備に合わせて、utroam の運営は全学的なインフラ運営へと進化し、UTokyo Wi-Fi タスクフォース (TF) が組織された。UTokyo Wi-Fi TF は全学の情報システムを統括する情報システム本部長 (通常は情報システム担当理事または情報システムを担当する執行役員以上の役員が担う) のもと、情報基盤センター、情報システム本部および部局システム担当を構成員とする。TF メンバーにより、基幹機能の維持、基地局などの設備維持、加入する部局設備との接続、ユーザ向けにはアカウント運用、セキュリティ対応など、Wi-Fi サービス提供に必要な業務を分担して行なう体制とした。

UTokyo Wi-Fi のサービスは設備としては、教育用無線 LAN 整備によって全学的に整備した基地局と、学内の部局が整備した基地局から成りたっている。そのため、学内部局の Wi-Fi 設備を基幹部分に接続し、連携してサービスを提供することで、学内の広い範囲で統一された Wi-Fi サービスを利用者が享受できるように設計した。

利用者は、本学の情報システムを利用するために全構成員に与えられている統一アカウントを用いて Wi-Fi 専用アカウントを取得し、このアカウントを用いることで、自身が所属する部局の建物でなくても Wi-Fi を利用できる。この Wi-Fi 専用アカウントの有効期限は半年 (学期ごと) としており、定期的に再発行することが求められる。アカウントはメールによって配布され、インシデント発生時などのセキュリティ対応のために連絡可能なメールアドレスを教職員、学生ともに設定済みであることを必須の要件とした。また、サービス開始後に始まった全学的なセキュリティ教育の受講を必須としており、指定された期間内に受講しなかった場合には利用が停止されることとした。

セキュリティ体制として、サービス開始当初は利用者が在籍する部局にセキュリティアラート等を検出した場合の対応を求めているが、全学の担当者に利用状況を調査してセキュリティ調査ができるだけの機能提供ができず、UTokyo Wi-Fi TF の担当者にも、部局担当者にも大きな負担を生じてしまったため、UTokyo

Wi-Fi で検出したセキュリティアラートについては TF メンバーで対処する対応フローへと変更した。

全学的なサービスとして 50000 人を超える学内利用者にサービス提供をウェブサイトを中心に行ったが、利用者への接続支援などはほとんど提供することができなかった。そのため、利用支援については既存システムの運用支援と緊密に連携し、協力的な支援を得ることでサービスが実現できた。この利用支援体制は現在においても継続している。

東京大学全体の教職員、学生を対象にした無線 LAN サービスを 2011 年 3 月に試験的に開始した当初から、エンドユーザーサポート、特に対面でのサポートはおこなわずに、各部局にまかせてきた [1]。ただし、教育用計算機システム*1の端末室のうち 5 箇所勤務する「教育用計算機システム相談員*2」が、端末室内での無線 LAN 接続のトラブル対応については、対面でサポートすることになり、現在まで継続している。これは、教育用計算機システムを対象にした端末室での無線 LAN サービスを全学無線 LAN サービス開始前からおこなっていたためである。

対面でのサポートで的確に対応するために、相談員はサポート用の Web ページを作成して、内部だけでなく外部向けにも公開している。マイナーな OS での設定方法や、特定のスマートフォンでのトラブルの対処法などの有用なコンテンツも作成され参照されている。

4 全学無線 LAN 整備の計画と準備

4.1 全域整備の検討

教育用無線 LAN を基幹部分とし、部局と連携して拡張を続けた UTokyo Wi-Fi であるが、2019 年ごろから学内の必須とインフラとして定着したこと、学内での理系文系の格差や部局ごとのサービスレベルの差などが学内で進むデジタル化の状況と合わなくなり、改めて全学的な無線 LAN 整備を実施する必要性が生じてきた。特に、部局間の設備格差は大きく、必要性は変わらないが予算的・要員的に対応できない部署や分野での教育・研究活動における格差を生じつつある状況となりつつあった。法人化以降の大学経営方針では教育研究での成果が求められており、その基盤とし

*1 主に学部学生を対象にした授業、自習用の計算機環境を提供するために、学内の約 20 箇所に mac を中心にした端末を約 1300 台設置している。

*2 教育用計算機システムの使い方に関する質問を受け付けるための学生アルバイト

てネットワーク、とりわけ Wi-Fi ネットワークは分野によらず普遍的に必要なものとして求められている。そのため、理系部局を中心に部署全域をカバーする整備を完了している部署がある、一方、必要性によって設置されたあまり管理が行き届いていない家庭用基地局が多数検出されるようになり、学内のセキュリティ状況が悪化したことや限られたチャンネル（無線資源）の有効活用ができなくなってきたという状況がみられるようになった。これらの状況を受け、UTokyo Wi-Fi TF 内で何度も協議を行い、UTokyo Wi-Fi の拡張として、全キャンパスの全域整備を実施することとした。しかし、東京大学の組織規模は非常に大きく、主要 5 キャンパスだけでなく遠隔施設も含めた全学的な基盤として整備するための検討を入念に行う必要があった。

4.2 キャンパス全域のサイジング

まず、全域整備の予算獲得のため、キャンパス全域のサイジングを実施した。施設部資産管理担当から、キャンパス全体の建物、フロア数、敷地面積を入手し、整備に必要な規模間の把握を実施した。

キャンパス	建物数	フロア数	面積 (m ²)	AP
本郷	227	1,090	1,048,770	5,693
駒場 I	56	210	151,957	811
駒場 II	31	121	122,017	659
柏	29	102	165,212	891
白金台	25	105	82,694	443
合計	368	1,628	1,570,650	8,497

表 1 主要キャンパスの概要

表 1 が検討開始時の主要キャンパスのデータである。これを基に必要な機器数を算出することとした。サイジングの基準として既に全域整備を実現していた理学系研究科の面積とアクセスポイント数から、建物面積における必要なカバーエリアを算出した。研究室、実験室、教室、事務室等がある通常の建物では建物全面積における 55% の領域が概ね無線 LAN がカバーすべき領域であり、その領域において 100m² に 1 台の割合で設置することで整備の規模が算出できることが分かった。表 1 の結果から整備すべき基地局数は概ね 8500 台、PoE スイッチなどのアクセスラインに 1630 台の機器が必要であると概算し、この台数で予算化を実施した。

4.3 机上設計・現地調査

予算獲得と並行して 2021 年から、机上設計、現地調査を行い整備内容の精査を実施した。机上設計で

は、整備対象となる整備対象とする先の全キャンパスの建物の平面図に対して概算した AP 数を考慮して機器の配置を行い整備計画の精緻化を実施した。機器の配置については 2020 年に駒場キャンパスでの通信実験 [2] を参考に極力教室内で均質となるように計画することとした。この机上設計には実質的に 3 か月を要した。その後さらに机上設計で配置した機器の設置が実際に可能であるか、特にキャンパスネットワーク UTNET の設備と整備する無線 LAN 設備の接続が可能であるかの検証を現地調査として実施した。こちらの調査にも 3 か月を要した。これらの半年間におよぶ設計調査を実施することでキャンパス内全域に対して無線 LAN 整備を実施する準備を整えた。最終的に学内全部局に整備について確認を行い、部局で全域整備を継続する 5 部局を除く区域において整備を行うことに決定した。

4.4 調達仕様の概要

全学無線 LAN 設備では机上設計、現地調査によって作成した設置情報と部局の希望とを調整して最終的な調達仕様を作成した。部局調査によって、既存の部局機器が提供しているローカルな無線 LAN 機能を継続したい部局と大学全体で共通の無線 LAN サービスを利用することでよい部局とに分かれたため、全体的な計画として 2022 年度に大学全体の共通機能を提供する部局を整備し、2023 年度に部局管理機能を追加して整備する部局とに分けることとした。

UTNET への収容にあたり PoE スイッチを収容するスイッチポートが建物接続において不足する場所が多数発生することが分かり、PoE スイッチのアップリンクを集約して UTNET に接続するスイッチ（以下集約スイッチ）が必要であることが分かり、配置する設備としては集約スイッチ、PoE スイッチ、AP 数を取りまとめ仕様とした。表 2 がその概要である。キャンパスごとに全学共通機能を必要とする部局と部局管理機能を必要とする部局に偏りがあるが、全体としては 2 年間でほぼ均等に整備される状況となっている。また、これらに加え、教室には PoE スイッチから配線され、Wi-Fi アカウントで利用できる有線ポートの配線を行っている。また、本整備では全学の遠隔地（理学部、農学部などを中心として全国に点在している施設など）へも整備を行った。遠隔地については各地点における規模は大きくないが整備における困難度は高い。これまでは多くの場合整備対象から除外（教育用無線 LAN では整備対象としなかった）してきたが、近年の情報インフラの必要性は変わらないことを考

キャンパス	建物数		集約スイッチ		PoE スイッチ		AP	
	2022 年度	2023 年度	2022 年度	2023 年度	2022 年度	2023 年度	2022 年度	2023 年度
本郷	98	24	59	5	412	65	3,116	768
駒場 I	6	43	0	15	8	122	33	1,204
駒場 II	2	19	0	9	3	115	24	1,029
柏	14	17	6	10	38	94	299	777
白金台	18	0	10	0	59	0	560	0
遠隔地	49	9	0	10	45	27	126	244

表 2 全学無線 LAN 整備の概要

慮し主要キャンパスと同等の要件で整備することとした。これらをもって、全学無線 LAN 整備の準備を整えた。後述するが、本整備は現在も進行中である。全体として計画的に実施しているが、実際には設置時に様々な事情が発生し実数としては変更して対応せざるを得ない部分もある。特に 2023 年度については現在整備中でもあり最終的には変わる可能性もあるのでそれらを考慮してプロジェクトの規模感として認識して頂きたい。

5 全学無線 LAN の構成

2022 年度から導入を開始した全学無線 LAN の構成概要を図 1 に示す。無線 LAN 製品としては Juniper Networks 社の Mist System (以下 Mist) を導入した。Mist は、無線 LAN アクセスポイント (AP) を集中制御するコントローラがクラウド上に存在する、クラウド型の無線 LAN コントローラである。AP は DHCP 等で IP アドレスを取得し、インターネットと通信できれば、コントローラである Mist Cloud に接続して制御できるようになる。そのためオンプレミス環境に物理的なコントローラは存在しない。東京大学における Mist の導入では、本郷、駒場、柏、白金の主要キャンパスについては AP 収容用のセグメントを用意し、各 AP まで VLAN で延伸している。このセグメントは NAT および Firewall 配下で、DHCP でプライベートアドレスが付与されるのみ、という、キャンパスネットワークにおける通常のユーザネットワークと同様の構成となっている。またキャンパスネットワークの存在しない遠隔研究拠点では、一般的なブロードバンドインターネット回線の配下に AP を設置している。

無線区間でサービスするセグメントを AP まで運ぶ方法は、(1) VLAN で運ぶ、(2) Mist Tunnel と呼ばれる L2TP トンネルで運ぶ、の 2 通りがある。(1) の場合、各 AP までスイッチに VLAN を設定する必要があるが、トンネル終端装置が無いため障害が発生する要素を減らすことができる。一方 (2) の場合は、ト

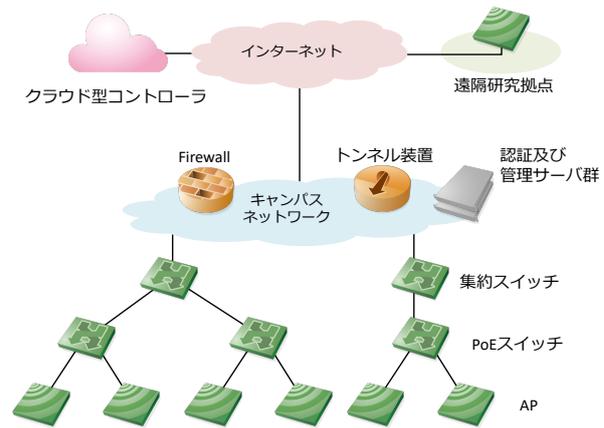


図 1 全学無線 LAN システムの構成概要

ンネル終端装置に障害が発生すると無線 LAN システム全体に影響が波及するという欠点があるが、AP までスイッチに VLAN を設定する必要がない、という利点がある。これらの利点と欠点を検討した結果、東京大学の全学無線 LAN では、全学共通の SSID についてはそのセグメントを VLAN で AP まで運び、それ以外の SSID のセグメントについては Mist Tunnel を用いて運ぶ、という使い分けをすることとした。全学共通の SSID は最初の導入時に設定すればそうそう変更する必要はないため、Mist Tunnel を使わないことで障害の発生箇所を抑える。一方で、例えば部局が独自の SSID をサービスするなど、後から追加、削除、変更が起こる SSID については Mist Tunnel を使うことで都度スイッチに VLAN を設定する手間を無くすこととした。なお、全学共通の SSID 用の VLAN を直接運ぶことができない遠隔研究拠点については全て Mist Tunnel を用いて AP までセグメントを運んでいる。

全学無線 LAN を構成するネットワーク機器は下記の通りである。

- AP: Mist AP32 (屋内用) および AP64 (屋外用)
- PoE スイッチ: EX4100-48MP
- 集約スイッチ: QFX5120-48S-6Q

また AP と PoE スイッチ間の接続は 2.5GBASE-T、PoE スイッチと集約スイッチ間は全て 10GBASE-LR となっている。

5.1 部局による運用との統合

全学に単一の無線 LAN システムを導入するにあたっての重要な目標として、各部局の運用との統合があった。東京大学は多くの部局によって構成されており、ユーザのサポートをはじめ、無線 LAN 状況のモニタリングや故障機器の交換といった日常的な運用も、部局のネットワークやシステム管理者(部局管理者)の協力無くしては成り立たない。また独自の SSID など無線 LAN サービスを提供している部局もあり、そうしたサービスもこの無線 LAN 基盤上で実点できる必要がある。本全学無線 LAN 整備ではこれらの点をどう実現するかも重要な課題であった。

図 2 は、Mist の Site と Site Group と呼ばれる機能を用いた、部局管理者への権限委譲の概要を示している。Mist では、Site と呼ばれる単位で AP をグルーピングして管理する。また複数の Site をまとめて指定するための Site Group と呼ばれるタグのような機能もある。そして、Mist ではある管理者ロールに対して、閲覧や操作が可能な対象を Site Group で指定することができる。東京大学ではこれらの機能を用いて、ひとつの建物をひとつの Site、そしてひとつの部局をひとつの Site Group とし、部局の管理者は部局の Site Group の閲覧権限を持つユーザとする運用を行っている。これによって、部局管理者は Mist Cloud にログインすると、自部局の Site Group に紐づいた建物の無線 LAN 状況について確認することが可能となっている。なお Mist Cloud へのログイン認証は本学共通のアカウント基盤と連携しているため、部局管理者は日常の業務で用いている大学のアカウントを用いて Mist Cloud にログインすることができる。以上のような Site Group を用いた権限付与によって、各部局の管理者も参加した全学的な無線 LAN の運用が可能となった。

実際の運用では、TF メンバーが全体のアラート監視をしつつ、部局管理者も担当する建物 (Site) の AP に関するアラートは受信している。また AP がコントローラに接続できない場合の AP の LED の目視確認や再起動、AP の交換といった作業は、部局担当者が実施している。集約スイッチや PoE スイッチについては、障害発生時の原因究明や交換機の準備は TF メンバーが行い、機器の交換作業は可能な場合は部局担当者が実施する形となっている。なお TF メンバーと部

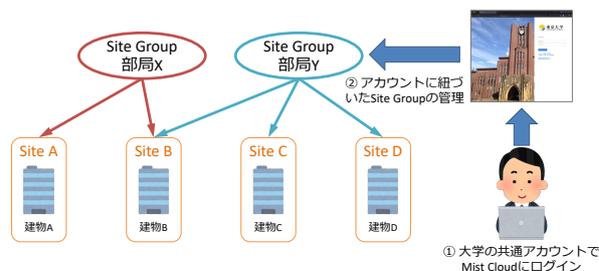


図 2 部局管理者

局担当者間のコミュニケーションには Slack を用い、問題発生時の通知をはじめ、全学無線 LAN の運用に関する日々の情報共有を行っている。

6 今後の全学無線 LAN

最初にも述べた通り、本学はこれまで全学のネットワークを基幹部分と支線部分に分け、基幹部分を情報基盤センターが、支線部分を各部局が運営するという方針で運営を行ってきた。本整備は意味的にはエッジネットワーク整備を全学経費で整備するということになり、これまでの運営方針とは異なる形で導入したネットワーク設備となる。大規模な大学組織においては、キャンパスネットワークも大規模なものとならざるを得ずおのずと階層的な運営体制を構築することとなる。近年のデジタル化によって大学は情報サービスは全学共通のアカウントによって利用されるようになり、無線 LAN サービスもその一つとなった。そのため、クラウドサービスと同じくキャンパス内で普遍的に利用できるインフラである必要が生じている。今回の整備によって本学のネットワークは構成を大きく変えることとなったが、それは実質的には運営体制を見直し全体的なものへと変えることになった。全学の利用者が均質なネットワーク接続環境を学内のどこでも利用するために必要な機器構成と運営体制の実現が整備の本質であったわけである。この整備によって無線 LAN 環境は全学で均質なものとなった。他に全学的な取り組みとして全学 Firewall の整備なども行われており、大学全体でのネットワーク運営、セキュリティ運営が実現され、学内のどこでも教育・研究活動に必要な ICT サービスが利用できるようになってきている。結果的に本学のネットワーク環境としては有線ネットワークのみが旧来からの運営方針に残されている状況となった。現時点ではっきりとした方向性が出ているわけではないが、おそらくキャンパスネットワークの高度化に合わせて全体的な整備と運営を行う

ことが情報環境の普遍化のためには避けられないものと思われる。本学のキャンパスをフルカバーする無線 LAN 環境はようやく立ち上がったところである。この環境を大学インフラとして有益なものとするためには計画的な運営と見直しを実施していくことが必要である。次期更新においては今回の整備以上の規模となりより高度な機能をサービスを持続しながら更新することが求められると考えられる。その際には、さらに有益な知見が得られると思われるため、同様に報告していきたい。

参考文献

- [1] 藤枝俊輔, et al. ”組織連携によるキャンパス無線 LAN サービス utroam の展開と統計的評価.” インターネットと運用技術シンポジウム 2011 論文集 2011 (2011): 75-82.
- [2] 石原 知洋, 四本 裕子, 角野 浩史, 玉造 潤史, 中村 遼, 小川 剛史, 相田 仁, 工藤 知宏, ”教室におけるオンライン講義受講のための無線接続環境評価”, トランザクションデジタルプラクティス Vol.3 No.3(July 2022)