

京都大学 桂地区電話交換機システム設備更新（IP-PBX の導入）について

(Replacement of a Private Branch Exchange System on Katsura Campus)

福本翔太¹⁾, 中村素典¹⁾

1) 京都大学情報環境機構 I T 企画室

概要

京都大学（以下、本学）では、令和 3 年度に実施した桂地区デジタル・アナログ電話交換機の更新に際し、本学で初めて IP-PBX を導入した。本稿では、本学において平成 15 年度ごろから導入を模索し、令和 3 年度に初めて導入に至った IP-PBX について、その経緯を報告する。

1. はじめに

本学における教育研究および大学運営を行う上で音声コミュニケーションは不可欠であり、電話交換機（以下、PBX）は、ICT 基盤導入によるデジタルトランスフォーメーション（DX）の先駆けとして、昭和 63 年に初代のデジタル PBX が導入され、平成 15 年度頃からその後継となる PBX の整備が地区ごとに進められてきた。

その一つである桂地区の PBX は稼働開始から令和 3 年度で 19 年目を迎え、メーカーによる保守・機器増設対応期間である 7 年を大幅に超過していた。このため、本学の教育研究および大学運営に重大な影響を及ぼす事態とならぬよう、令和元年度に学内予算による予算が確保され令和 3 年度に IP-PBX への更新が完了した。

以下、2 章では桂地区 PBX 更新前の本学の電話通信網を紹介し、3 章では、今回の更新の目標と、その目標に向けた動作検証について記載する。4 章では、本体装置の構成とその導入作業、導入過程で生じた課題について記載する。今後の更新計画については 5 章で記載する。

2. 本学の電話通信網（桂地区 PBX 更新前）について

現在、本学で稼働する PBX は吉田地区、宇治地区、桂地区の主要なキャンパスの他、熊取地区、病院地区、犬山地区を含めた 6 つの地区に整備され、相互に専用回線等を用いて接続されている。電話通信網（桂地区 PBX 更改前）のイメージを図 1 に示す。

各地区 PBX と公衆網の接続は、地区別に通信事業者とのダイヤルインの局線を契約しており、それぞれ市外局番、契約回線数が異なる。

各地区デジタル・アナログ PBX（以下、従来型 PBX）の整備年度は次のとおりである。

- ・ 桂地区 : 1,500 回線 / 平成 15 年度
- ・ 吉田地区 : 7,500 回線 / 平成 19 年度
- ・ 宇治地区 : 1,700 回線 / 平成 24 年度
- ・ 熊取地区 : 700 回線 / 同上
- ・ 犬山地区 : 300 回線 / 同上
- ・ 病院地区 : 3,000 回線 / 平成 26 年度

3. 更新に向けた検討の経緯

3.1 IP-PBX 導入の検討

PBX の更新にあたっては、コスト削減の可能性とともに、技術や行動様式の変化を踏まえ将来を見据えた利便性の向上についても考慮が必要である。

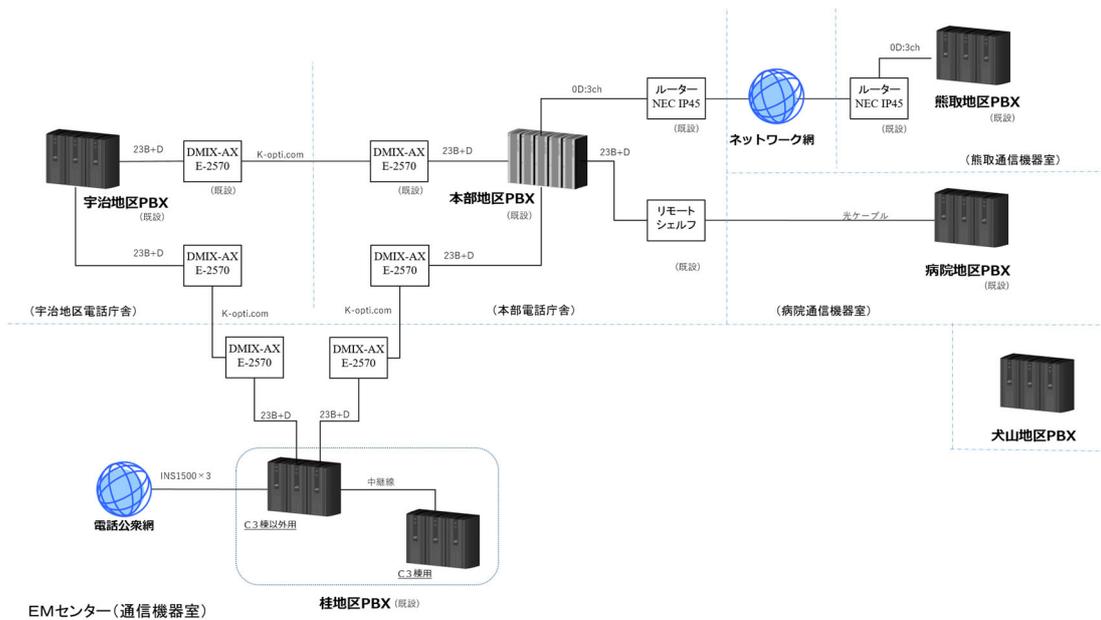


図 1. 本学の電話通信網

全世界で提供されている様々な通信サービスは、インターネットで利用される IP 技術に基づくシステムに移行が進んでおり、日本国内においても NTT などの通信サービス事業者が提供する電話サービスの通信基盤も IP 化が進められている。

京都大学情報環境機構（以下、機構）では KUINS (Kyoto University Integrated information Network System) と呼ばれている学内に整備した情報通信ネットワークを基幹とした ICT 基盤の整備をこれまで進めてきており、教育、研究やそれを支援する業務の多くが ICT 基盤に深く依存するようになってきている。

そこで、その延長として、PBX 機能の学内ネットワークへの統合によるコスト削減と利便性向上を目指してこれまで PBX の IP 化への検討を重ねてきた。

平成 12 年には総合情報メディアセンター（現学術情報メディアセンター南館）の竣工に合わせて IP 電話にも対応した PBX を導入し、教育用 PC 端末を設置したサテライト演習室との連絡用に IP 電話を設置した。しかし、従来の PBX の拡張として実現されていたシステムの動作が不安定であったことと、電話端末の設置場所がサテライト演習室に限定されていたこともあり、あまり利

用されることはなかった。

平成 29 年には IP 電話パイロット事業として約 100 名の協力を得て IP 電話の評価を実施したが、VLAN により細かく分割され相互通信が制限されている KUINS のネットワーク環境下では、IP 電話の利用が煩雑であるため導入への本格検討は見送られることとなった。

3.2 再調査

COVID-19 感染症拡大対策が進む中、世界的なデジタルプラットフォーム化が促進され、本学においてもオンライン授業やオンライン会議、在宅勤務等を支援するための情報収集を行っていたところ、Brekeke 社製 IP-PBX に関する情報を得た。詳細について確認してみたところ、従来型 PBX が有する機能を保持したまま PC やスマートフォンなどを活用する機能を持つとともに、多数の VLAN に細分化され通信が制限されている本学の KUINS ネットワーク環境にも適合する、導入可能な有力な候補であることがわかった。そこで、Brekeke 社製 IP-PBX による動作検証を行うこととした。

3.3 検証環境の構築

検証環境を構築するにあたり IP-PBX が備える

べき要件を整理した。

- SIP サーバが学内ネットワーク (KUINS) で安定して稼働すること。(音声通信が安定して可能であること。)
- 研究室／事務室など個別の VLAN に設置されたクライアント (IP 固定電話機) が VLAN 間通信を必要とせず (KUINS-Ⅲ²⁾標準設定のまま) 通話できること。
- 従来型 PBX が有していた機能 (マルチライン・ピックアップ) を有すること。
- IP 固定電話機の操作性 (使用勝手) が従来の固定電話機と大差ないこと。
- コロナ禍でのリモートワーク推進という社会的背景を踏まえ、可能であればモバイル端末を学内内線として学外からでも利用できることが望ましい。
- 導入コスト、維持管理コストが縮小されること。

まず、研究室／事務室など個別の VLAN に設置されたクライアント (IP 固定電話機) が VLAN 間通信を必要とせず (KUINS-Ⅲ標準設定のまま)

通話を確立させる方法であるが、本学のネットワークの VLAN は研究室などの単位で構成されることが多く、クライアント (IP 電話機) 間の通話を確立させるために VLAN 間通信すると、各研究室等で個別に構築された VLAN 間に通信制限を緩和せざるを得ずセキュリティホールが発生する可能性があること、また、管理すべき VLAN 間通信の設定量も膨大になるため対応に時間と労力がかかることから、VLAN 間通信を必要としない仕組みが求められていた。このことから異なる VLAN のクライアント間で通話を確立させるためには異なる VLAN のクライアント間の通話を仲介するための仕組みが必要である。このような仕組みは、Brekeke 社製 PBX が持つ NAT トラバーサル機能や RTP リレー機能などの SIP や RTP の中継機能を有効にするとともに、KUINS-Ⅲ下の各クライアントから直接通信ができる KUINS-Ⅱ³⁾下に Brekeke 社製 PBX を設置することで、実現できることがわかった。

Brekeke 社製 PBX の事前検証を数か月間かけて行った結果、KUINS-Ⅱ下で安定して稼働すること、各 VLAN に設置されたクライアントも安定して通

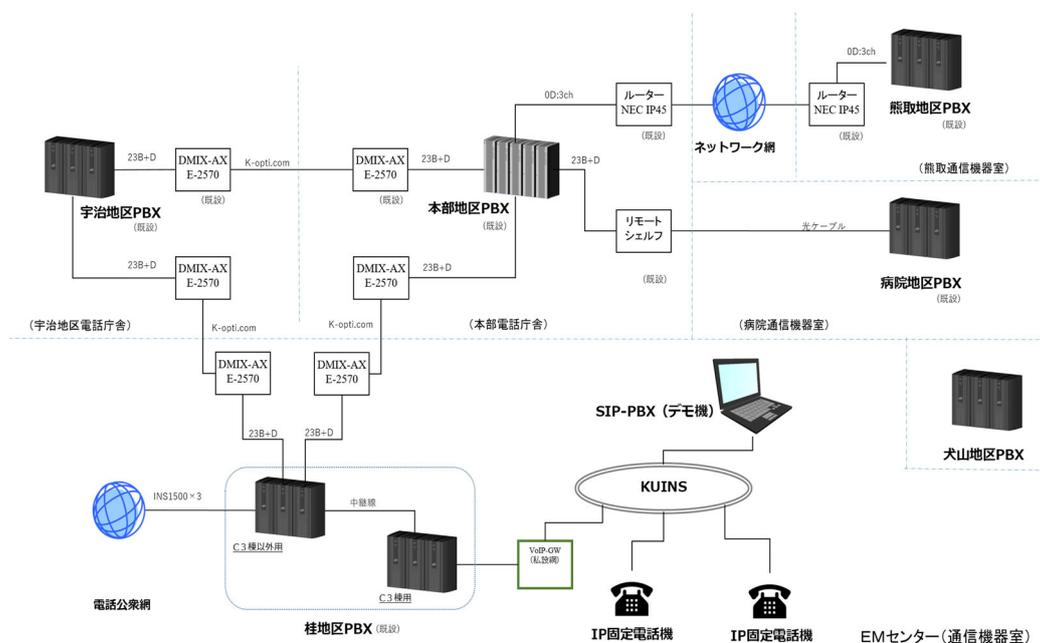


図 2. Brekeke 社製 IP-PBX の検証環境 (電話物理構成図)

² KUINS-Ⅲはプライベート IP アドレスを利用する本学ネットワークの名称

³ KUINS-Ⅱはグローバル IP アドレスを利用する本学ネットワークの名称

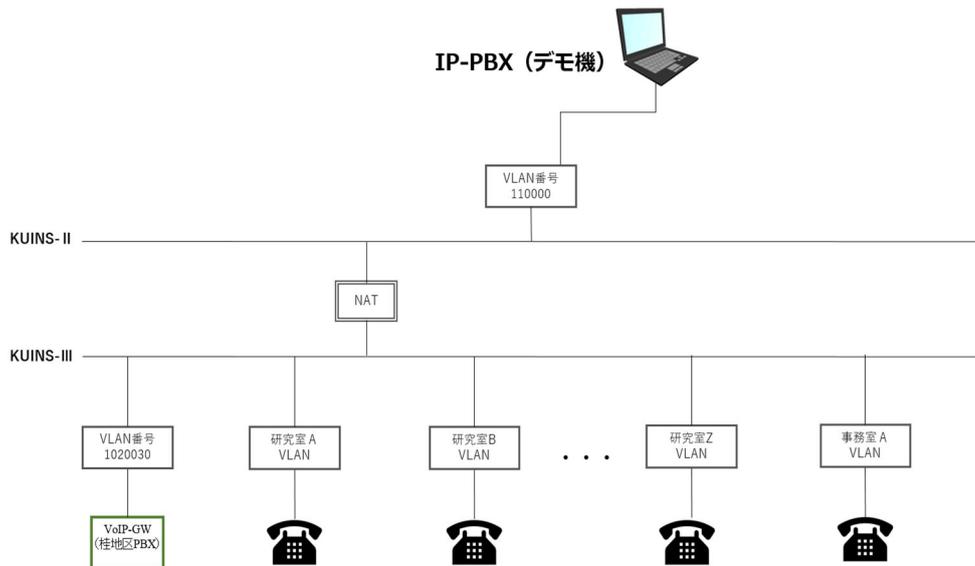


図 3. Brekeke 社製 IP-PBX の検証環境（ネットワーク構成）

話できることが確認された。今回の検証に利用したクライアントとしては SAXA や Panasonic など国内メーカーが製造する IP 固定電話機を使用し、従来の操作性（使用勝手）と大差ないことを確認した。また、Brekeke 社製 PBX はマルチラインなど従来の PBX が有する機能を有し、さらに PC やスマートフォンなどのモバイル端末を利用でき、ビデオ通話などの機能も有することを確認した。

各要件を整理した結果、図 2 および図 3 に示す構成をとることとなった。技術的要件を整理した結果、導入すべきシステムは、IP-PBX は呼制御機能を持つ SIP サーバ（KUINS-II）、SIP クライアント（電話端末）である IP 電話機（KUINS-III）、従来回線（従来交換機やアナログ電話等）と接続するための VoIP-GW 等（KUINS-III）から構成されることとなった。

3.4 コストの検討

次に、導入や維持管理に係るコストを従来型 PBX と比較した。IP-PBX は呼制御機能を汎用的な PC サーバで実現するため従来型 PBX より安価に導入できることが多い。また、クライアントも一般的な IP 固定電話機や各種モバイル端末を利用できることから用途や予算に合った最適な端末を選択することができ、従来型 PBX の端末より選択肢が増え、安価に導入できることが多い。

維持管理に係るコストについては、各種機器がネットワークと接続されるためリモートでの遠隔監視などが可能となり、維持管理に係る人員配置の労務費が圧縮できることなどが期待される。

4. 桂地区電話交換機システム設備の更新

4.1 導入スケジュール

コロナ禍による世界的な半導体不足の影響を受け、応札時点（令和 3 年 10 月）で SIP サーバや固定電話機など納入予定の機器の納品に遅れが生じることが判明し、事前に予定していた導入スケジュールとの差異が生じた。しかし、請負事業者の全面的な協力があり、令和 4 年 3 月 20 日に従来型 PBX からの切り替え作業が完了し、令和 4 年 3 月 22 日より供用が開始され、納入期限である令和 4 年 3 月 31 日までに引き渡しを完了した。

IP-PBX の導入により構内で用いられていた従来の電話線は使用できなくなり、また、IP 電話機設置個所に LAN ケーブル等を用意する必要があるなど、電話機置き換えに伴う利用者への負担が想定された。そこで、今回の調達では固定電話機を 1 台ごとに利用者へ事前配布することとした。このようにすることで、設置や設定に係る利用者一人ひとりの負担を軽減した。しかし、事前に通

知した配布予定日に使用者が居室を不在にしていたことなどから再度設置に伺うなどの対応が必要となり想定以上の労力を要した。

最終的に、桂地区約 1,600 台の配布には約 6 名・1 カ月以上の労力を有した。次期更新対象である吉田地区では約 8,000 台を配布しなければならないため、桂地区での配布実績を踏まえ、効率的な配布方法についての検討が必要である。

4.2 調達物品

今回の調達で納入した主要な設備を以下に示す。

- IP-PBX (Brekeke SIP サーバ) 2 台
: 冗長構成 : 桂地区に設置
- 公衆網用 VoIP-GW 1 台 + 予備機 1 台
: 桂地区にて NTT 回線を収容

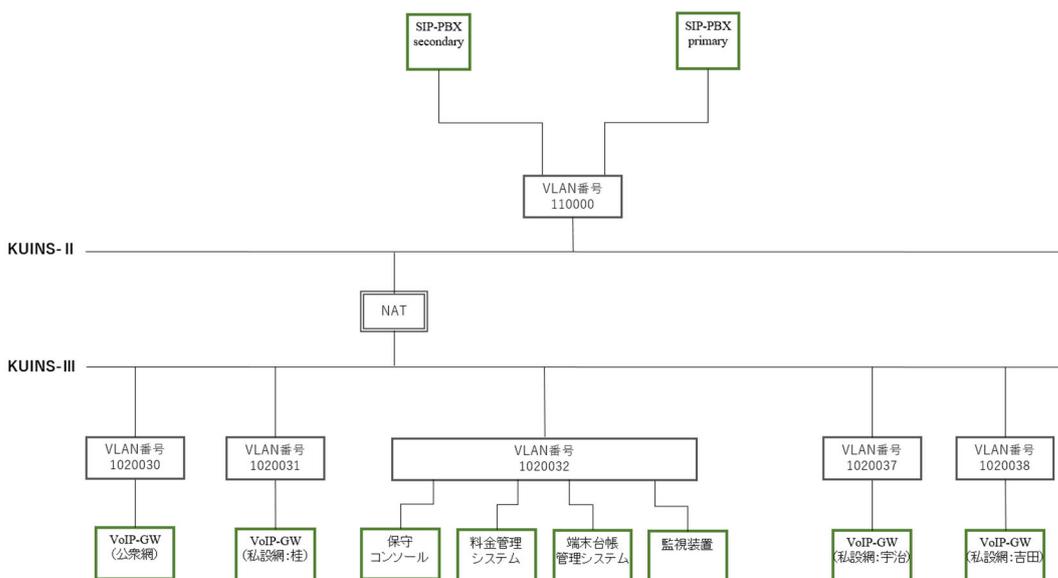


図 4. 本学 桂地区電話 PBX 更新後：電話物理構成図

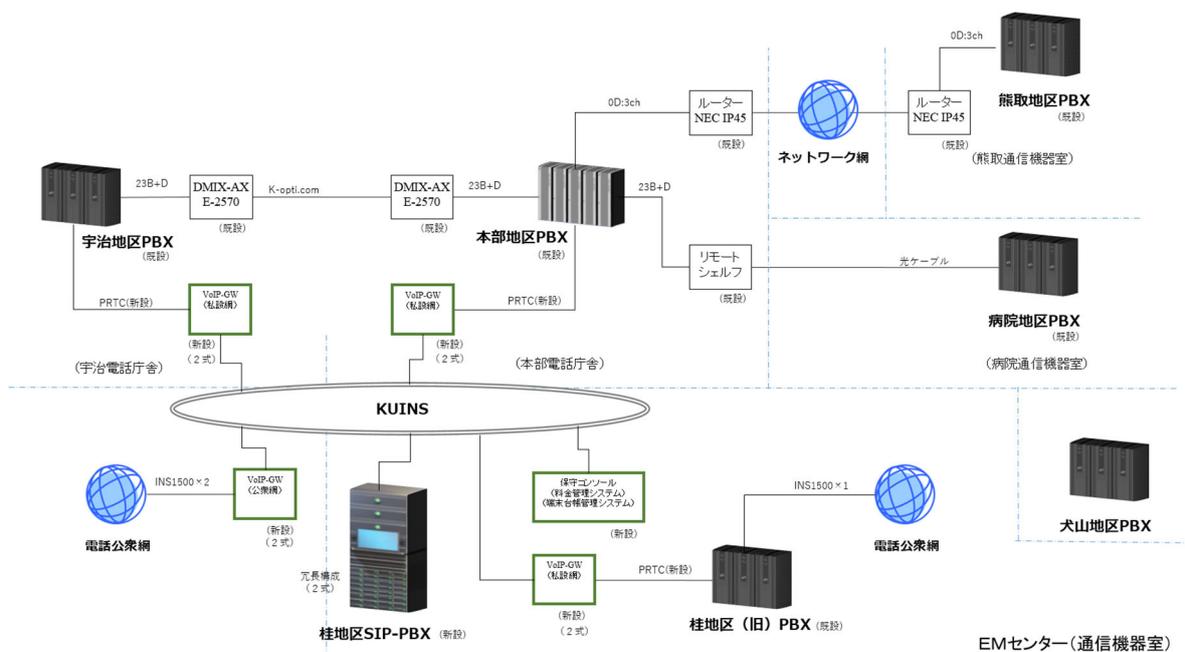


図 5. 本学 桂地区電話 PBX 更新後：ネットワーク構成図

- ・ 私設網用 VoIP-GW 3 台+予備機 3 台
 : 桂地区旧交換機、吉田地区交換機、宇治
- ・ アナログ変換機 150 台
- ・ IP 電話機 1,450 台
- ・ スマートフォン 30 台

4.3 動作環境

桂地区 PBX 更新後の本学の電話通信網のイメージは図 4、図 5 のとおりである。電話（物理・論理）構成は更新前と大きな変更はない。桂電話交換システム設備において、各地区 PBX と相互に接続し、公衆網を収容する役割を担っているのは VoIP-GW である。各地区 PBX と相互接続する VoIP-GW を個別に用意し、公衆網用の VoIP-GW も別途用意した。桂地区 PBX 更新後も本学の電話通信網の概要が大きく変わらないのは、VoIP-GW が TTC 標準 JT-Q931（ISDN ユーザ・網インターフェース）を有しているからである。JT-Q931 を有しているため桂地区と他地区を結ぶ内線網は機能する。

今回調達した IP-PBX では、IP 固定電話間の通信は必ず SIP サーバを経由させることができるため、VLAN 間通信を許可する必要がない。また、学内外問わず SIP サーバにアクセスすることが可能であるため、自宅や出張先からの学内内線の

利用も可能である。

また、Brekeke 社製 IP-PBX はビデオ通話／ビデオ会議機能を有するため学内外からのビデオ通話／ビデオ会議も利用可能となっている。（図 6）

4.4 導入時に生じた課題

IP-PBX は令和 4 年 3 月 22 日より供用開始したが、供用開始後に確認された課題と原因を以下にまとめる。

- ・ IP 電話機の設定が誤っていたため修正対応を行った（約 130 台）
 （本学から請負事業者へ提供したデータに誤りがあった）
- ・ 研究室のルータ配下に接続し正常動作しなかったものを KUINS-Ⅲに接続変更した。
 （事前の説明不足による接続間違い）
- ・ VoIP-GW 間の通信は直接通信となることが判明したため、既設 PBX との相互接続用の VoIP-GW が収容されている VLAN について、VLAN 間通信の設定を追加した。

上記、諸課題は使用者、導入事業者と調整のうえ、令和 4 年 5 月 1 日時点で解消されている。



図 6. 電話の多種多様な活用事例（イメージ）

5. 他地区の状況と今後の更新計画

本学、吉田地区の従来型 PBX はすでに保守期間が切れ、部材の調達も不可能である。令和4年9月現在、令和5年度概算要求による予算獲得を目指している。また、宇治地区、病院地区、熊取地区の従来型 PBX も同様に保守期間が切れ、部材の調達も不可能になるため各地区の従来型 PBX 更新の基本計画を作成し、適切に予算要求していく必要がある。更新に際しては、従来の機能を維持しながら在宅勤務等での活用が期待できる IP-PBX への更新を基本方針とすることが妥当であると考えられる。このような基本方針の策定に向けて、全学的な合意形成を得られるよう関係各所と調整を進める必要がある。

今回の桂地区への IP-PBX の導入の結果からもわかるように、IP-PBX は本学ネットワーク網においても適合するものである。IP-PBX が本学ネットワークに適合し、従来の機能を維持しながら在宅勤務等での活用が期待できることは前述のとおりであるが、コスト面についても期待できると考える。

IP-PBX はネットワークを介して複数地区の PBX を集約することが可能である。各地区に点在する PBX を集約することで維持管理に係るコストの縮減が期待できる。また、IP-PBX は本学の内線網外である各隔地施設の電話を簡単に収容でき、隔地施設の電話を新たに学内内線網として構築することができるため外線通信費の縮減が期待できる。しかし、さらに複数地区の PBX を集約するためには地区別に契約している局線（外線）の引き込みを集約できるかなどの課題を解消する必要がある、NTT 西日本などの関係各所との調整が必要となる。

IP-PBX は2台の SIP サーバによる冗長構成であり、2台とも桂地区に設置している。今後、バックアップ系の設置はセキュリティ面を考慮しながらクラウドにおくことも検討する必要がある。

また、その管理は SIP サーバや現地に設置された保守コンソールで行っているが、日常の維持管理やバックアップをリモートで行うことで維持管理に係るコストが縮減できるものと思われる。

6. まとめ

平成15年ごろから検討してきた電話設備の IP 化については、今回の桂地区への IP-PBX の導入により一定の成果を示すことができた。本調達による IP-PBX の導入は、ポストコロナ社会を見据えた ICT 環境整備の一翼を担うものである。教職員・学生の教育、研究活動及び、事務業務に必要なコミュニケーション機能として、今後も重要な課題であるオンライン授業やオンライン会議、在宅勤務などを支援すべく、音声コミュニケーションが利用可能な場所や端末の種類を大幅に広げることで、教職員の多様な勤務形態を支援する一助となると考える。

今後、吉田地区、宇治地区、病院地区、熊取地区の従来型 PBX についても更新の時期を迎えるが、これらについても IP-PBX への更新を含め引き続き検討及び関係各所との調整を進める必要がある。IP-PBX への更新に際しては、桂地区同様に本学のネットワーク環境に適した設備の選定、電話端末の交換手順の設計、スマートフォン用アプリ等の新機能の活用方法の検討など、綿密な準備が必要となる。さらに、IP-PBX が複数の地区に導入されることになれば、それらの地区にかかわる設備の集約や、公衆回線を経由しない直接 IP ネットワーク経由の通信への振り替え等によるコスト削減の余地も生まれる。さらに、IP-PBX の他大学への普及が進めば、他大学、国立情報学研究所、さらには文部科学省との協働により、全国的な音声コミュニケーション網を構築することで IP 化に伴うメリットを最大限享受することが可能となる。また、IP-PBX とその他のアプリ（Zoom や Teams など PBX 以外で音声コミュニケ

ーションを行えるもの)との連携も検討できるため、研究・教育のためのコミュニケーション網をさらに充実させることができると考えられ、そのような可能性についても探っていく必要がある。

このようにして、研究・教育環境としてのより良いコミュニケーション環境の実現に向けて、今後も『音声コミュニケーション』というキーワードにより検討を進める。