

学内向け Wi-Fi 環境観測システムの構築

岩瀬 雄祐¹⁾, 山口 由紀子²⁾, 川瀬 友貴¹⁾, 石原 正也¹⁾, 嶋田 創²⁾

1) 名古屋大学 全学技術センター

2) 名古屋大学 情報基盤センター

iwase@nagoya-u.jp, yamaguchi@itc.nagoya-u.ac.jp,
{kawase, ishihara}@icts.nagoya-u.ac.jp,
shimada@itc.nagoya-u.ac.jp

Construction of Wi-Fi Environment Survey System for Campus

Yusuke Iwase¹⁾, Yukiko Yamaguchi²⁾, Yuki Kawase¹⁾,
Masaya Ishihara¹⁾, Hajime Shimada²⁾

1) Technical Center, Nagoya University

2) Information Technology Center, Nagoya University

概要

名古屋大学では本学構成員およびゲストユーザ向けの全学的な無線 LAN サービスとして名古屋大学無線ネットワーク (NUWNET) を提供している。2020 年以降、コロナ禍をきっかけにビデオ会議システムによる遠隔講義やオンライン会議が本格的に実施されるようになり、NUWNET の Wi-Fi 環境としての重要性が急速に高まった。無線アクセスポイントの更新・増設による Wi-Fi 環境の改善を進めてきたが、「NUWNET が途切れる、遅い」等の問い合わせが多く、ユーザ側からの通信状態を把握するため、利用実態に即した Wi-Fi 環境の調査が必要となった。本稿では、Raspberry Pi を用いた学内向け Wi-Fi 環境観測システムの構築、観測データの可視化、Wi-Fi 環境の調査事例について報告する。

1 はじめに

名古屋大学では本学構成員およびゲストユーザ向けの全学的な無線 LAN サービスとして名古屋大学無線ネットワーク (NUWNET) を提供している。2020 年までに、講義や研究において学生が積極的に ICT を活用できる環境の提供を目標として、キャンパス内の全講義室への無線アクセスポイント (以下、無線 AP) 設置を実施した[1]。2020 年以降、コロナ禍をきっかけにビデオ会議システムによる遠隔講義やオンライン会議が本格的に実施されるようになり、NUWNET の Wi-Fi 環境としての重要性が急速に高まった。無線 AP の更新・増設による Wi-Fi 環境の改善を進めてきたが、「NUWNET が途切れる、遅い」等の問い合わせが多く、ユーザ側からの通信状態を把握するため、利用実態に即した Wi-Fi 環境の調査が必要となった。

本学における Wi-Fi 環境の調査には、継続的にデータ収集できること、複数同時にデータ収集できることが求められる。Wi-Fi 環境の調査方法として、スマートフォンやノート PC 向けの Wi-Fi

アプリケーション、専用デバイスの Wi-Fi テスタが挙げられる。Wi-Fi アプリケーション (NetSpot¹ 等) は、機器に搭載された Wi-Fi アンテナを用いて Wi-Fi を調査するもので、ユーザ自身の機器で Wi-Fi の情報を得たり、複数の場所で Wi-Fi の電波強度を測定してヒートマップを作成したりできる等の機能があるが、継続的にデータを収集することができない。また、Wi-Fi テスタは、Wi-Fi に関する詳細な情報を簡単に得ることができ、電波干渉の解決、無線 AP の探索に利用できるが、高価な Wi-Fi テスタでは複数同時にデータ収集することが難しい。

そこで、我々は Raspberry Pi²⁾を利用して学内向けの Wi-Fi 環境観測システムを構築した。Raspberry Pi は ARM プロセッサを搭載したシングルボードコンピュータでありながら PC と同等の機能を持つことから、Wi-Fi センサに求められる機能を構築することが可能である。また、安価であることから多数導入することも可能であり、別途

¹ <https://www.netspotapp.com>

² <https://www.raspberrypi.com>

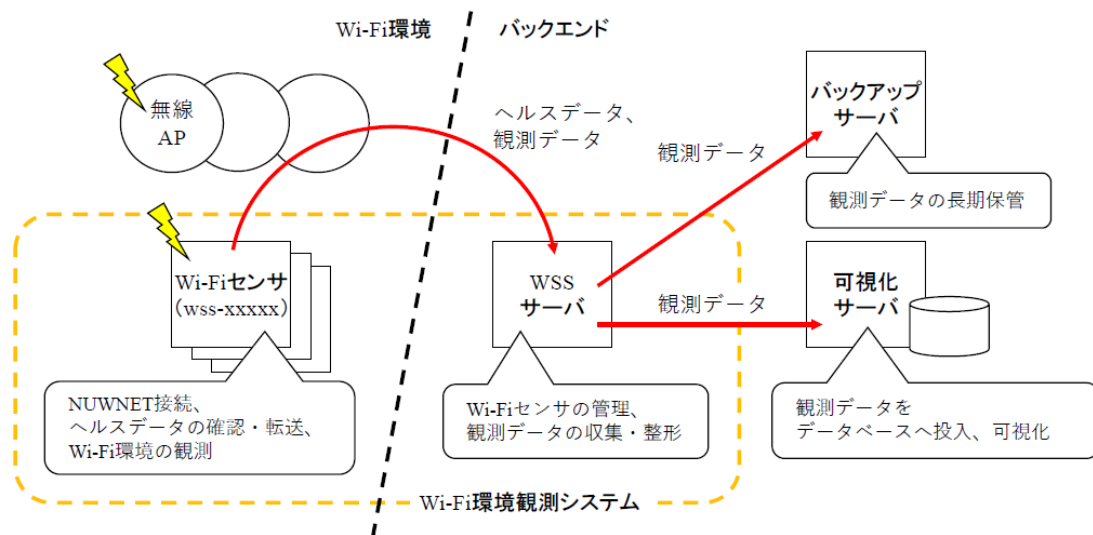


図1 Wi-Fi 環境観測システムとデータの流れ

構築するサーバと連携することにより、広範囲での観測も可能となる。

これまでに、Raspberry Pi を利用して Wi-Fi センサを作成して小規模なイベントネットワークにて運用・評価した事例[2]、多数の無線クライアント接続による Wi-Fi 環境の評価を、Raspberry Pi を集積した Wi-Fi センサによって低コストで実現した事例[3]が報告されている。これらの事例では、Wi-Fi センサとサーバを有線ネットワークで接続し、サーバから Wi-Fi 調査コマンドを投入することで、Wi-Fi 環境の高度な調査を実現している。その一方、我々の Wi-Fi センサは、Wi-Fi センサとサーバを無線ネットワークで接続して自律駆動することで、Wi-Fi 環境の調査を容易にした。

本稿では、Raspberry Pi を用いた学内向け Wi-Fi 環境観測システムの構築、観測データの可視化、Wi-Fi 環境の調査事例について報告する。

2 Wi-Fi 環境観測システムの構築

2.1 システム概要

Wi-Fi 環境観測システム (Wi-Fi environment Survey System、以下 WSS) はユーザ側から Wi-Fi 環境の観測を行い、観測データを集めるシステムである (図 1)。Wi-Fi 環境として、講義室や研究室といった (NUWNET の無線 AP が存在する) Wi-Fi 利用可能エリアを想定する。WSS は複数台の Wi-Fi センサと WSS サーバによって構成される。Raspberry Pi で作成された Wi-Fi センサを観測場所へ設置して電源投入すると、NUWNET に接続し、Wi-Fi センサ内に観測データを生成する。WSS サ



図2 Wi-Fi センサ

表1 Wi-Fi センサの諸元

型番	Raspberry Pi 4 model B
OS	Raspbian 11
メモリ	4GB
SD カード	32GB
Wi-Fi	内蔵 Wi-Fi
	BUFFALO WI-U2-433 DHP

ーバは Wi-Fi センサのヘルスデータに基づいて観測データを収集・整形する。WSS サーバ内の観測データは、外部の可視化サーバにおいて可視化を行い、バックアップサーバにおいて長期保管する。

2.2 Wi-Fi センサ

Wi-Fi センサは Raspberry Pi のキットを利用して作成した (図 2)。諸元を表 1 に示す。Raspberry Pi には Wi-Fi が内蔵されているが、キットのアルミケースが Wi-Fi 電波の測定に影響する可能性を考え、USB 接続の Wi-Fi アダプタを追加した。Wi-Fi センサは AC アダプタで動作するが、電源が確保

表 2 Wi-Fi センサの死活管理情報

項目	例	
ホスト名	wss-00001	
日時	2022/9/12 18:00	
内蔵 Wi-Fi	SSID	nuwnet-guest
	周波数	5.62
	IP アドレス	10.136.12.226
	MAC アドレス	dc:a6:32:8a:86:90
	BSSID	f8:0b:cb:f2:91:32
外付け Wi-Fi	SSID	nuwnet1x-guest
	周波数	5.62
	IP アドレス	10.137.62.17
	MAC アドレス	18:ec:e7:7d:bb:11
	BSSID	f8:0b:cb:f2:91:34
CPU 温度	43.3	
ping 応答	OK	

できない場所でもモバイルバッテリーで観測可能である。Wi-Fi センサの本体と AC アダプタは面ファスナーによって固定することで、本体を置く場所がない場合でも AC アダプタを台にして Wi-Fi センサを設置できるようにした。

Wi-Fi センサは NUWNET の 2 つのネットワークに接続している。内蔵 Wi-Fi は Web 認証のネットワークへ未ログイン状態で接続し、ヘルスデータと観測データの送受信、Wi-Fi センサの遠隔操作に利用する。外付け Wi-Fi アダプタは IEEE 802.1X 認証のネットワークへ接続し、Wi-Fi 環境の観測に利用する。

Wi-Fi センサは以下の機能を実装した。

- ヘルスチェック：ネットワーク、リソース、動作状況等をチェックしてヘルスデータとして記録し、WSS サーバへ転送する。
- Wi-Fi 環境の観測：Wi-Fi 調査コマンドを無限実行し、実行結果を観測データとして保存する。
- ログ管理：センサ内に保持している観測データを圧縮し、古いデータを削除する。
- Wi-Fi 再接続：ping 応答を確認し、通信が途切れた場合に Wi-Fi ネットワークへ再接続する。

Wi-Fi センサはユーザ環境に設置して電源投入するだけで自動的に Wi-Fi 環境の観測が開始する。Wi-Fi が良好ではなく WSS サーバとの疎通がとれない状況でも観測は可能であり、Wi-Fi センサを Wi-Fi の良好な場所へ移動するか、有線接続する等して Wi-Fi センサ内に蓄えられた観測データを

抽出することが可能である。

2.3 WSS サーバ

WSS サーバ（仮想マシン、Rocky Linux 8.5、CPU 8 コア、メモリ 4GB、ディスク 20+300GB）は NUWNET 管理ネットワークに接続している。WSS サーバと Wi-Fi センサは SSH 公開鍵認証で相互に通信ができるように設定する。WSS サーバから Wi-Fi センサへは管理アカウントで SSH ログインができ、観測データの収集、WSS サーバを踏み台とした Wi-Fi センサの遠隔操作を可能としている。Wi-Fi センサから WSS サーバへは SFTP によるファイル転送のみを許可しており、Wi-Fi センサは WSS サーバ上の専用アカウントでヘルスデータを WSS サーバへ配置する。

WSS サーバは Wi-Fi センサの管理を行う。定期的にヘルスデータを読み込み、Wi-Fi センサの ping 応答を確認し、死活管理情報（表 2）と、設置場所によってセンサの IP アドレスが変わるため、hosts ファイルも更新する。

WSS サーバは観測データの収集・整形を行う。Wi-Fi センサの死活管理情報に基づいて、Wi-Fi センサにログインし、観測データを収集し、収集した RAW ファイルをパースして CSV ファイルへ整形する。古い観測データ（RAW ファイル、CSV ファイル）は定期的に削除し、バックアップサーバへ保存される。また、Wi-Fi センサへ時刻同期サービス（NTP）を提供する。

3 観測データの可視化

WSS で得られた観測データを分析して Wi-Fi 環境の問題解決に利用するため、可視化サーバを構築した。可視化サーバ（CPU Intel Xeon E5520 2.27GHz 4 コア×2、メモリ 96GB、HDD 146GB ×6 RAID5）はデータベースと可視化アプリケーションをインストールした。WSS では観測データが膨大になる可能性があるため、データベースとして分散型 RESTful 検索・分析エンジンとなる Elasticsearch³を用いた。また、可視化アプリケーションは様々なデータソースからクエリ、可視化、アラートの発生等ができる Grafana⁴を用いた。

³ <https://www.elastic.co/jp/elasticsearch/>

⁴ <https://grafana.com/oss/grafana/>



図3 可視化サーバのダッシュボード画面の例（電波強度調査）

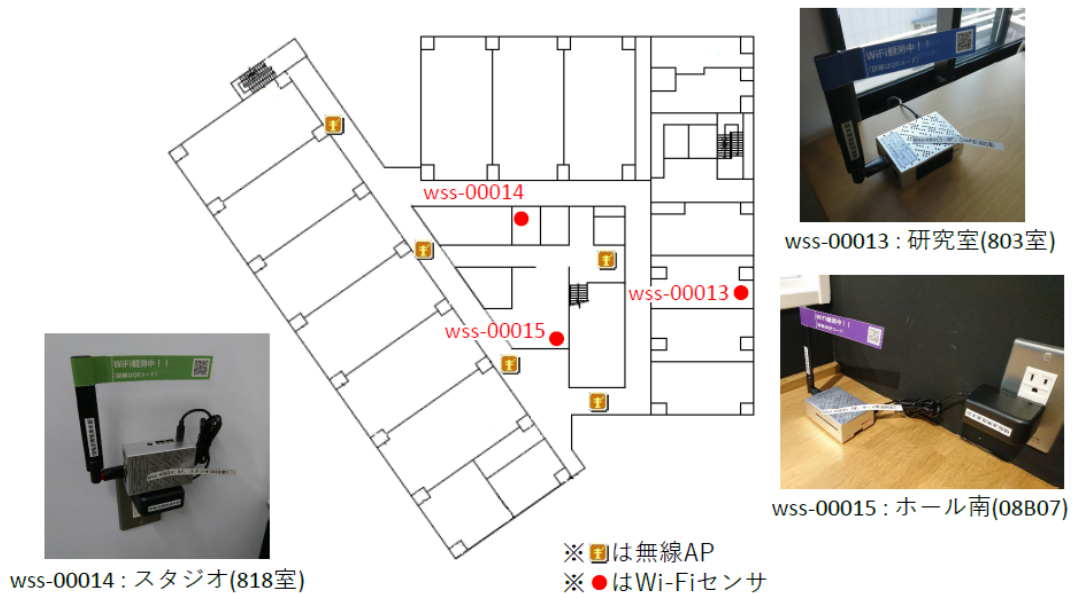


図4 Wi-Fi センサの設置状況の例（NIC館8階）

WSSサーバ上にはWi-Fiセンサから収集・整形された観測データ（CSVファイル）が存在している。可視化サーバは定期的にWSSサーバから観測データを収集し、JSON形式へ変換して、Elasticsearchへデータ投入する。Grafanaにおいて、データソースとしてElasticsearchのインデックスを指定し、観測データを可視化するためのダッシュボードとパネルを作成する。

可視化サーバのダッシュボード画面の例を図3に示す。この例では（後述の）4.1節の電波強度調査の画面を表示している。日時のレンジを指定し、Wi-Fiセンサ（hostname）と帯域（frequency）を選

択すると、電波強度（Signal Level）と使用チャンネル（Channel）のパネルとSSID一覧（SSID List）のパネルが表示される。Wi-Fi環境の調査が必要になった場合、日時レンジを遡って指定することで、過去の観測データを分析することができる。

4 Wi-Fi環境の調査

Wi-Fi環境の問い合わせに対して、WSSを用いて観測を行い、ユーザ側からの通信状態を調査した。本学の東山キャンパスで行った電波強度調査と接続断調査の事例を紹介する。

(a) 観測データ (RAW ファイル、1 分毎に作成)

```
hostname: wss-00001
datetime: 2022/02/16 13:00:00
wifi scan:
wlan1      Scan completed :
           Cell 01 - Address: 70:DB:98:26:21:81
                    ESSID:"nuwnet"
                    Protocol:IEEE 802.11AC
                    Mode:Master
                    Frequency:5.6 GHz (Channel 120)
                    Encryption key:off
                    Bit Rates:867 Mb/s
                    Quality=0/100  Signal level=44/100
           Cell 02 - Address: F8:0B:CB:FB:A7:24
                    ESSID:"nuwnet|x-guest"
           . . .
```

(b) 観測データ (CSV ファイル、1 時間毎に作成)

```
hostname,interface,datetime,address,frequency,channel,encryption_key,bssid,signal_level,quality
wss-00001,wlan1,2022/02/16 13:00:00,70:DB:98:26:21:81,5.6,120,0,nuwnet,-69,44
wss-00001,wlan1,2022/02/16 13:00:00,F8:0B:CB:FB:A7:24,5.62,124,1,nuwnet|x-guest,-61,57
. . .
```

図 5 電波強度調査コマンド (iwlist wlan1 scan) の出力例

表 3 NIC 館の電波強度一覧 (5GHz 帯の BSSID について電波の強い上位を電波強度と種類で表示)

#	wss-00004 2階 小会議室 204+205室	wss-00005 3階 大会議室 310室	wss-00006 5階 研究室 506室	wss-00007 5階 スタジオ 518室	wss-00008 5階 ホール西 05B07	wss-00009 7階 研究室 702室	wss-00010 7階 スタジオ 718室	wss-00011 7階 ホール西 07B07	wss-00012 7階 ホール南 07B07	wss-00013 8階 研究室 803室	wss-00014 8階 スタジオ 818室	wss-00015 8階 ホール南 08B07
1	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm
2	-35 dBm	-35 dBm	-54 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-36 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-36 dBm
3	-35 dBm	-40 dBm	-60 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-40 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-36 dBm
4	-36 dBm	-40 dBm	-60 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-43 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-37 dBm
5	-36 dBm	-40 dBm	-61 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-43 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-38 dBm
6	-36 dBm	-40 dBm	-61 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-43 dBm	-44 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-37 dBm	-35 dBm	-39 dBm
7	-38 dBm	-41 dBm	-61 dBm	-40 dBm	-35 dBm	-43 dBm	-44 dBm	-35 dBm	-35 dBm	-43 dBm	-35 dBm	-39 dBm
8	-51 dBm	-42 dBm	-62 dBm	-40 dBm	-35 dBm	-45 dBm	-45 dBm	-36 dBm	-35 dBm	-43 dBm	-35 dBm	-40 dBm
9	-51 dBm	-44 dBm	-62 dBm	-40 dBm	-35 dBm	-46 dBm	-45 dBm	-36 dBm	-35 dBm	-45 dBm	-36 dBm	-40 dBm
10	-52 dBm	-45 dBm	-62 dBm	-40 dBm	-35 dBm	-53 dBm	-45 dBm	-36 dBm	-36 dBm	-50 dBm	-45 dBm	-40 dBm

※2022/2/16 13~15 時のデータ、■は NUWNET、■は部局設置の AP、□は利用者側が設置した Wi-Fi ルータ

4.1 電波強度調査

NIC 館 (ナショナルイノベーションコンプレックス) は、産学官の連携によるイノベーション創出を目指した建物で、地上 8 階建、上から見ると三角形の建物形状の 3 辺に 100m² を基本単位とする研究室・実験室が並ぶ⁵。NUWNET の無線 AP は建物中央の廊下と共有スペースを中心に存在しているが、「NUWNET がつながりにくい」といった問い合わせが寄せられていた。NUWNET の無線 AP は天井裏に設置されており、電波が弱いと推測され、学内利用者が多い下階では、天井裏の無線 AP を壁へ移動して電波の弱さの改善が試みられた。また、上階については、学外利用者が Wi-Fi ルータを持ち込んでおり、Wi-Fi 電波の干渉が疑われた。そこで、WSS を用いて NIC 館の電波強度調査を行った。

図 4 は例として NIC 館 8 階における Wi-Fi センサの設置状況を示している。Wi-Fi センサは複数のフロアにある会議室、スタジオ (ミーティングルームのこと)、研究室に設置した (設置期間 2022 年 2 月~3 月、Wi-Fi センサは全館で 12 台)。Wi-Fi センサは電源を確保するためにコンセント近くに平置きする場合が多く、平置きできない場合は図 4 の wss-00014 のように AC アダプタを台にして設置した。観測場所は関係者以外の立ち入りを禁止するエリアのため、セキュリティワイヤー等による固定は行っていない。建物の 3 辺に位置する会議室や研究室では、NUWNET の電波が弱く、Wi-Fi センサと WSS サーバとの疎通がとれない場合があり、観測に利用する外付け Wi-Fi アダプタを用いたり、Wi-Fi センサの内部でデータを保存する期間を増やしてセンサ回収後に抽出する等して、観測データの収集を行った。

電波強度調査の Wi-Fi 調査コマンド (iwlist

⁵ <https://www.aip.nagoya-u.ac.jp/headquarters/industry/nic/about>

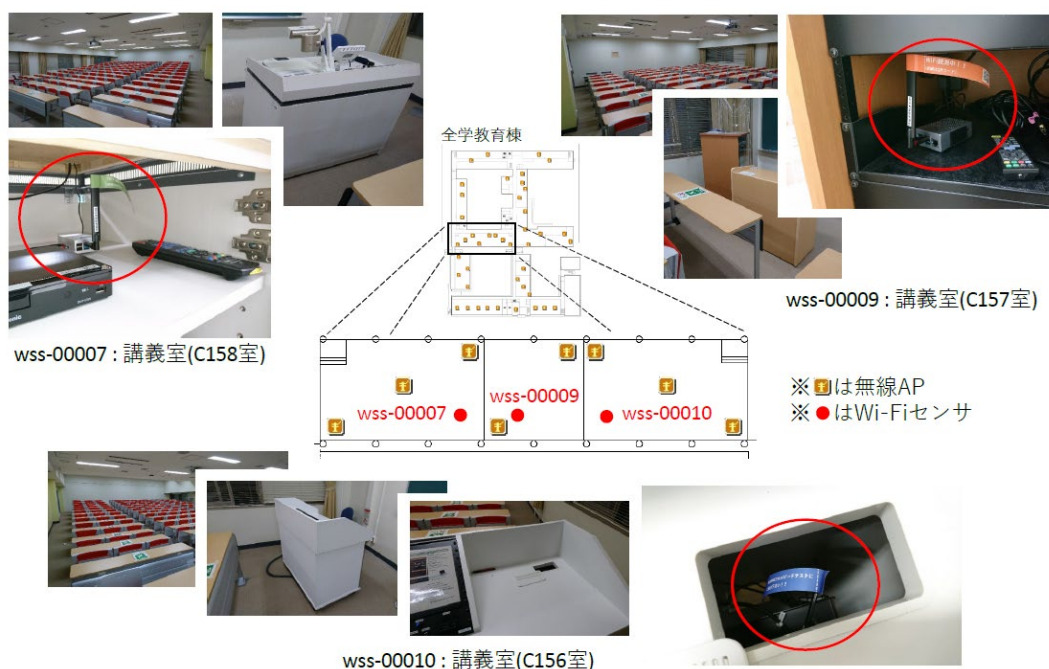


図 6 Wi-Fi センサの設置状況の例（全学教育棟 1 階）

wlan1 scan) の出力例を図 5 に示す。Wi-Fi センサ内で保存される観測データ (RAW ファイル) には、ホスト名、観測日時、コマンドの実行結果が含まれる (図 5 - (a))。観測データのキーはホスト名と観測日時とし、リソースを削減するため最小単位を秒とし、最大で毎秒 1 回データが出力される。WSS サーバにおいてパースした観測データ (CSV ファイル) には、ホスト名、時刻、コマンドの実行結果から抽出した各種の値が並ぶ (図 5 - (b))。Signal level は CSV において割合から dBm へ変換している。Quality はドライバの問題で出力されないため、Signal level で代用した。

Wi-Fi 環境の観測データに基づいて作成した、NIC 館の電波強度一覧を表 3 に示す。この表は、5GHz 帯の BSSID について、電波の強い上位を電波強度と種類で示したものである。NIC 館 2~5 階では NUWNET の無線 AP が発する電波が上位を占めるのに対して、NIC 館 7~8 階では利用者側が設置した Wi-Fi ルータの電波が多く観測されていた。特に、上階における研究室は NUWNET の電波が弱いことから、研究室が広く、廊下に設置された無線 AP から十分に電波が届いていないことが分かった。その一方、NIC 館の下階では、電波状況が良好で、無線 AP を移動した効果があったことを確認できた。研究室の Wi-Fi 環境の改善案として、USB 接続の Wi-Fi アダプタを利用して、ユーザ機器の Wi-Fi アンテナの性能を上げること提案

している。

4.2 接続断調査

全学教育棟は教養科目を受講する建物で、地上 4 階建、上から見ると田んぼの田の字の建物形状となり、北には情報学部の研究室、中央には大講義室、南には講義室や実験室が並ぶ。多くの学生が利用する建物で、講義でのインターネット利用が増え、Wi-Fi 環境の重要性が高いことから、NUWNET の無線 AP の更新・増設を進め、また、Wi-Fi 電波の干渉を抑えるべく集中制御型無線 LAN コントローラを導入して Wi-Fi 環境の改善を進めている。しかしながら、「NUWNET が切れる」という問い合わせが寄せられており、WSS を用いて全学教育棟の接続断調査を行った。

図 6 は全学教育棟における Wi-Fi センサの設置状況を示している。Wi-Fi センサは全学教育棟の中央 1 階にある講義室に設置した (設置期間 2022 年 5 月~、Wi-Fi センサは全館で 3 台)。講義室は不特定多数の人が出入りするため Wi-Fi センサの盗難に注意が必要となり、また、電源確保の必要性から、普段施錠されている AV 操作卓・ラック内に Wi-Fi センサを設置した。

本調査では、Wi-Fi の通信が切れる事実を確認するため、図 7 のように Wi-Fi 調査コマンドを変更した。コマンドの実行間隔を分単位とし、Wi-Fi 再接続とスピードテストは 5 分毎とした。本調査で得られる観測データは図 8 のようになる。

```

while true
do
LOG_FILE=$LOG_DIR/date +%H%M`.log
以下の実行結果を LOG_FILE に保存
if[ 新しい LOG FILE が生成された場合 ]; then
ホスト名の表示
観測日時の表示
if[ 観測日時が 0 分、5 分、・・・の場合 ]; then
Wi-Fi 再接続の実行 ※Wi-Fi 状態確認も実行
スピードテストの実行
else
Wi-Fi 状態確認の実行
fi
ping コマンドの実行
fi
done

```

	タスク	観測データ	項目名 (単位)
Wi-Fi 再接続	Wi-Fi アダプタの強制切断と再接続	所要時間	reconnect (秒)
スピードテスト	10MB のファイルを 5 回ダウンロード	ダウンロードスピード	download (MBps)
		実行回数	download_num
ping コマンド	5 回の ping 実行	ping 応答におけるパケットロス	ping (%)

図 7 接続断調査コマンドの概要

(a) 観測データ (RAW ファイル、1 分毎に作成)

```

hostname: wss-00007
datetime: 2022/05/27 13:00:00
wifi reconnect:
2022/05/27 13:00:00 reconnect wlan1 ... started
2022/05/27 13:00:00 kill wpa_supplicant and dhclient process
...
wifi speed test (download) 1/5:
2022-05-27 13:00:08 (4.92 MB/s) - stdout →出力完了 [10485760/10485760]
...
ping check:
PING test-www.srv.nagoya-u.ac.jp (133.6.1.31) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 133.6.1.31 (133.6.1.31): icmp_seq=1 ttl=61 time=3.06 ms
...

```

(b) 観測データ (CSV ファイル、1 時間毎に作成)

```

hostname,interface,datetime,address,reconnect,upload,upload_num,download,download_num,ping
wss-00007,wlan1,2022/05/27 13:00:00,10.137.60.147,6,0,0,4.58,5,0
wss-00007,wlan1,2022/05/27 13:01:00,10.137.60.147,-1,0,0,0,0,0
...

```

図 8 接続断調査コマンドの出力例



図 9 可視化サーバのダッシュボード画面の例 (接続断調査)

観測データを収集・整形・可視化する流れに変更はない。新しい観測データの形式に合わせて、WSS サーバのパーサは RAW ファイル内のホスト名で解析・変換方法を切り替えて CSV ファイルを生成し、可視化サーバのデータ投入スクリプトは CSV ファイルのヘッダ項目で JSON 型式への変換方法、投入先のインデックスを切り替える処理を追加した。また、専用のダッシュボード画面を作成した。

可視化サーバのダッシュボード画面の例を図 9 に示す。この画面は Wi-Fi センサにおける Wi-Fi の接続状況を示しており、Wi-Fi の下りの通信速度を示す Download パネル、Wi-Fi の接続可否を示す Link パネル、ping 応答のパケットロスを示す Ping パネル、Wi-Fi 再接続時の時間を示す Reconnect パネルによって構成される。同図は Wi-Fi センサを設置した翌日の観測結果を示している。8 時付近において、Wi-Fi 再接続に時間を要して Wi-Fi が切れている状況が観測している。また、17 時付近において、Wi-Fi に接続できているものの通信速度が低下する状況を観測している。講義の開始時間帯に Wi-Fi が切れる状況が発生し、また、講義時間帯に通信速度の低下が発生することが分かり、問い合わせのあった現象を確認することができ、ユーザサポートの参考となった。

5 おわりに

本稿では、Wi-Fi 環境観測システムの構築、観測データの可視化、Wi-Fi 環境の調査事例について報告した。Raspberry Pi のキットを利用して Wi-Fi センサを作成し、観測データを Elasticsearch と Grafana を用いて可視化できるようにし、本学の建物において実際に Wi-Fi 環境の調査を行い、システムの有用性を確認した。

Wi-Fi センサは安価に構築することができるため、台数を増やして Wi-Fi の利用ユーザが多い場所へ常設し、Wi-Fi 環境を常時観測することが考えられる。観測データの利用用途として、ユーザへの Wi-Fi 環境の情報提供や、Wi-Fi 環境の変化をトリガーとしたアラートの生成が考えられる。また、Wi-Fi 環境観測システムは他の可視化システムのサブセットとして利用することも可能であり、無線 AP やユーザ端末のログ等と合わせて、複合的な観点で Wi-Fi 環境の分析を行うことが考えられる。

今後の課題として、Wi-Fi6 への対応、移動観測の実現、管理ネットワークにおけるキャリア回線の利用、リアルタイムな可視化、可視化システムとの連携等が挙げられる。

参考文献

- [1] 石原 正也、岩瀬 雄祐、川瀬 友貴、川田 良文、名古屋大学無線ネットワークにおける新 Web 認証システム導入とゲスト専用ネットワークの展開について、令和 3 年度東海国立大学機構第 1 回技術発表会、P2、2022 年。
- [2] 北口 善明、石原 知洋、高嶋 健人、田川 真樹、田中 晋太朗、Raspberry Pi を用いた無線ネットワーク状態評価手法の提案、情報処理学会研究報告、インターネットと運用技術 (IOT)、Vol. 2014-IOT-25、No. 8、pp. 1-6、2014 年。
- [3] 石原 知洋、北口 善明、阿部 博、金子 直矢、IoT コンピューティングデバイスを用いた低コストな無線 LAN 環境計測システム、情報処理学会論文誌デジタルプラクティス (TDP)、Vol. 2、No. 3、pp. 1-10、2021 年。