

2018年度 卒業論文 2019/01/23 11:24

“Wi-Fi を利用した行動解析”を用いた 受講環境の実態調査

大阪産業大学 デザイン工学部 情報システム学科
情報教育システム研究室

15H080 橋本拓海

“Wi-Fi を利用した行動解析”を用いた受講環境の実態調査

15H080 橋本 拓海

1 はじめに

大阪産業大学(以下 本学)の敷地は東西に細長く一般道を挟む形で東西にわかれている。西には中央キャンパスと南キャンパスがあり、東には東キャンパスが位置している。最西端の建物から最東端の建物までの距離はおよそ 700m 程度で、学生が移動をするにあたり講義間の時間では間に合わないと言ったことをよく耳にする。

この問題の解決を最終目標に据え、まずはその実態を調査する。

2 目的

本研究の目的は、主に利用するキャンパスによって異なる教室間の移動距離やそれに要する時間が原因で生じているとされる受講環境の差を改善するための実態調査である。

3 実態調査の手法

スマートフォンの普及率上昇 [1] やノートパソコンを持ち歩く学生が存在していることからデジタルデバイスの動きを学生の動きとし、デジタルデバイスの移動を追うこととした。そこでデジタルデバイスを追跡する手段として Wi-Fi 通信に利用される Probe Request を利用する手法に着目した。Probe Request とは Wi-Fi のアクセスポイントとデジタルデバイスが通信を行うためのやりとりの際にデジタルデバイス側が発する信号の一つである。この信号の中には MAC アドレスと呼ばれるデジタルデバイスごとに固有の識別子が含まれている。MAC アドレスが固有であることからデジタルデバイスの識別が可能となり、学生個人を特定せずに学生の動きを追跡することができる。

本研究では「Probe Request を利用した人流解析システム」[2] で利用されている Probe Request の測定機器をモデルとして Raspberry Pi を利用した測定機器を用いた手法を採用した。この装置を学内の複数箇

所に設置することにより学内に存在するデジタルデバイスの発する Probe Request を取得し、MAC アドレスにより端末の識別を行うことで学生の移動時間を把握することが可能となる。

4 まとめ

本研究は学生によって異なる教室間の移動距離やそれに要する時間が原因で生じるとされる受講環境の差の改善のための実態調査が目的である。実態調査を行うため本学内の計 11 箇所 Probe Request の測定機器を設置、デジタルデバイスの移動をその所持者の移動であると考えデジタルデバイスの移動を追うことで学生の移動の把握を行った。また受講環境に悪影響を及ぼさない移動時間として適切であるかどうかは、講義と講義の間に教室の移動などを目的として設けられている休憩時間が 10 分であることから 10 分以内の移動時間を適切であるとした。

実態調査の結果、一部科目を受講するために東キャンパスと中央キャンパスを行き来するための移動時間は休憩時間の 10 分を越えるものがほとんどであった。このことから休憩時間中に移動を完了させるのは困難であり、学生によって異なる教室間の移動距離やそれに要する時間が原因で受講環境に差が生じていると言える。

以上の結果から、本研究の目的は達成されたとはいきれない。研究結果は要因の究明までは出来ておらず、更なる調査が必要であると考えられる。

参考文献

- [1] 総務省. 総務省 第 1 部 特集 データ主導経済と社会変革. <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc111110.html>, 2017.
- [2] 三神山 駿・森本 哲郎・白濱 勝太・上善恒雄. Probe request を利用した人流解析システム. Master's thesis, 大阪電気通信大学, 2013.

目次

1	はじめに	1
2	目的	2
3	データ収集の手法	3
3.1	手法選択の基準	3
3.2	採用手法について	5
3.3	本学のキャンパスと測定機器の設置地点について	6
4	データ解析の手法	8
4.1	取得したデータ	8
4.2	移動時間の解析	8
5	実態の調査	11
5.1	本館を目的地とした場合	11
5.2	5号館を目的地とした場合	14
5.3	7号館を目的地とした場合	17
5.4	9号館を目的地とした場合	20
5.5	16号館を目的地とした場合	22
6	まとめ	25
7	今後の課題	26
7.1	測定手法について	26
7.2	個人情報の取り扱いについて	26
8	ソースコード	29
8.1	pcap-csv.sh	29
8.2	csv-txt.sh	29
8.3	MAC_target_list.sh	31
8.4	daily_list.sh	32
8.5	mt.sh	33
8.6	ソースコード.6	34
8.7	ソースコード.7	35

1 はじめに

大阪産業大学(以下、本学とする)のキャンパスは東西に細長く、一般道を挟む形で西側に中央キャンパスと南キャンパス、東側に東キャンパスとキャンパスが分かれている。中央キャンパスと東キャンパスの大きな違いは図書館や体育館のような大学の主要施設、学生生活課や教務課といった窓口、そして一部科目^{*1}の開講教室が中央キャンパスに集中している反面、東キャンパスには大学バスのターミナルやグラウンド、工学系学部が利用する研究施設などといった学生によっては利用しない可能性のある施設が位置していること、そして両キャンパスを主に利用している学生の学部や学科が違う点である。中央キャンパスをメインに利用する学生が東キャンパスを訪れる理由は少なく、その多くが大学バスの利用が部活動を目的としている。対して東キャンパスをメインに利用している学生が中央キャンパスを訪れる理由は様々で上述の通り主要施設や窓口の利用、必修科目の受講など学生生活を送る上で必ず利用する場面が存在する。

このような違いがある中で一部科目の開講教室が中央キャンパスに集中していることで東キャンパスを利用する学生にとって不都合が生じている。一部科目は異なる学部や学科が同時に受講している。しかしながらその学部学科の違いから主に利用するキャンパスが変わることで開講教室までの距離に大幅な差が生まれ、東キャンパスを利用する学生が講義開始時間までに教室の移動を完了できていないという問題が発生している。

第2章では本研究の目的について述べる。第3章ではデータの収集手法について述べる。第4章では収集したデータの解析手法について述べる。第5章ではデータ解析から導き出される実態について述べる。第6章では研究の評価についてまとめる。第7章では今後の課題について述べる。

^{*1} 異なる学部や学科でともに受講する科目

2 目的

本研究は学生によって異なる教室間の移動距離やそれに要する時間が原因で生じているとされる受講環境の差を改善するための実態調査を目的とする。目的の達成にはまず学生の行動を把握する手法が必要となる。手法としてはアンケートや被験者を用意した計測などが考えられるが、アンケートは全学生を対象として行うには実施した場合の回収率に対する懸念や継続してデータを収集できないという点においてデータ収集手法として不十分である。また数名の被験者を用意し実際に教室間の移動に要する時間を計測したとしても被験者の性別や身体的な面から得られる結果が偏ったものになってしまうことや、検証時の天候など左右される条件が多く実態調査としては不足していると考えられる。本研究において必要とされるデータの条件は継続的に収集可能であること、複数人の移動データから平均的な値を求められること、学部や学科に偏らない学生全体を対象としたデータであることが挙げられる。本研究ではこれらの条件をクリアした手法として Wi-Fi 通信に着目した。

3 データ収集の手法

Wi-Fi 通信には Probe Request と呼ばれる信号が含まれている。これはブロードキャストアドレス^{*2}で送信し付近のアクセスポイント^{*3}を探索、あるいはデジタルデバイスが過去に通信を行った履歴のあるアクセスポイントを探索するための信号である。Probe Request には MAC アドレス^{*4}と呼ばれる端末固有の識別番号の情報が含まれており、MAC アドレスを利用することによって端末の識別が可能となる。本研究では複数地点に測定機器を設置し Probe Request を収集することでデジタルデバイスの移動を把握し、デジタルデバイスの動きをその所持者である人物が移動していると考ええることで人の動きを検知でき、学内における人の動きを把握する。

3.1 手法選択の基準

本研究の目的は移動時間の差が受講環境に強い影響を及ぼしているかの実態調査である。そこで学生が教室間の移動に所要している時間のデータは必須のものとなる。第 2 章でも述べた通り、必要となるデータは一定の条件をクリアしていなければならない。本研究でクリアしなければならない条件は次の 4 点である。

- 継続的にデータ収集可能であること
- 複数名のデータ収集が可能であること
- 一つの学部や学科に偏ったデータでないこと
- 個人を特定出来ないデータであること

上述した条件の中で最も難しいとされたのが“継続的なデータの収集”である。この条件をクリアするには自動的にデータの収集が可能で手法であることが望ましい。そこで我々は何らかのシステムを利用してデータ収集を自動的に行うことが出来ないか検討した。本研究では他の手法を模索する中で学生自身ではなくその対象者が所持しているアイテムに着目した。総務省が発表したスマートフォンの普及率から見ても学生の 8 割以上がスマートフォンを所持していると考えられる [1]。このことからデバイスの移動を検知することが出来れば、それは所持者である学生の移動の検知につながるのではないかと考えた。更には小型で軽量化が進むノートパソコンは持ち歩きに優れ、講義におけるメモやノートをノートパソコンで取る学生も見受けられるため、デバイスの動きを追うことは効果的だと考えられる。

簡易的なデータの収集方法として学生に対するアンケートや被験者を用意した検証などが考えられるが、これらは上述の条件を満たすには不十分である。またアンケートの場合、個人の特定を避けることは可能であるものの移動経路や移動区間が多岐に及ぶことから質問形式が難解なものとなり形式的な枠組みを作ることが難しく、被験者による検証ではその数によっては得られる結果が偏ったものになってしまう恐れがある。

学生の動きを検知する手法として学内の各所に人感センサーの設置が考えられたが、この手法ではセンサーの前を人が横切ったという情報しか入手できず、どこから来ているのか、どこへ向かっているのかがわからないため必要とされるデータの収集手法としては不向きであった。

^{*2} ネットワーク内の全ての機器にデータを一斉配信する

^{*3} デジタルデバイスが Wi-Fi 通信を行うための出入口のようなもの

^{*4} ネットワーク機器に一意に割り当てられている 12 桁の 16 進数で表されたアドレス

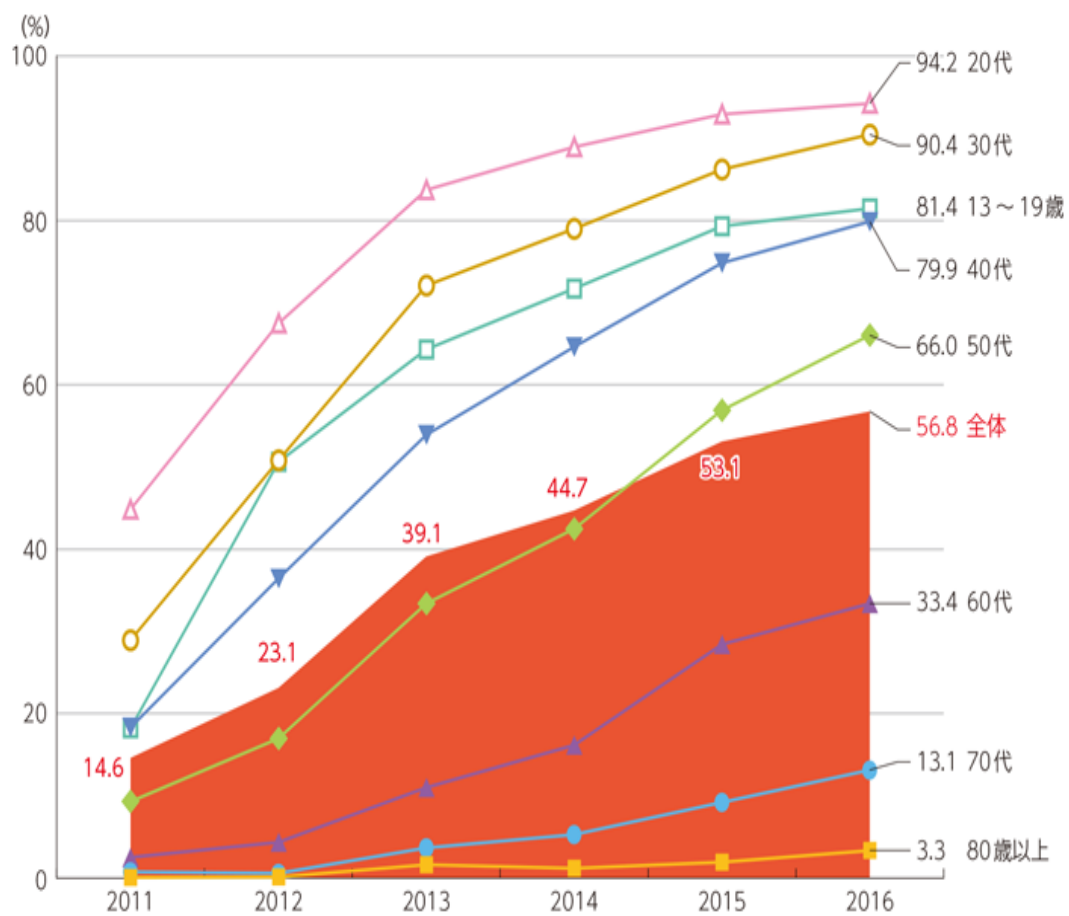


図1 総務省が提供している年代ごとのスマートフォンの所持率：学生のほとんどが20歳前後であることから8割以上の学生がスマートフォンを所持していると考えられる。

3.2 採用手法について

本研究ではスマートフォンの普及率の上昇やノートパソコンを持ち歩く学生が存在していることからデジタルデバイスの動きを学生の動きとし、デジタルデバイスの移動を追うこととした。そこでデジタルデバイスを追跡する手段として Wi-Fi 通信に利用される Probe Request を利用している手法に着目した。Probe Request とは Wi-Fi のアクセスポイントとデジタルデバイスが通信を行うためのやりとりの際にデジタルデバイス側が発する信号の一つである。この信号の中には MAC アドレスと呼ばれるデジタルデバイスごとに固有の識別子が含まれている。MAC アドレスが固有であることにより、デジタルデバイスの識別が可能となり、学生個人を特定せずに学生の動きを追跡することができる。

本研究では過去に行われていた“Probe Request を利用した人流解析システム” [2] や、“Wi-Fi パケットデータを用いた観光客の滞在時間特性把握の可能性に関する研究” [3] で使用されている測定機器をモデルとして、Raspberry Pi を利用した測定機器を用いた手法を採用した。機器はデジタルデバイスが発した Probe Request を受信し、その時刻を取得データにスタンプする。デジタルデバイスを検知できる距離はデジタルデバイス側の信号の強度で変動し、測定機器側で測定距離の調整を行うことは困難であるため、検知範囲はデジタルデバイスの信号強度に依存している。この測定機器を学内の複数箇所に設置することにより学内に存在するデジタルデバイスの発する Probe Request を取得し、MAC アドレスにより端末の識別を行うことで学生の移動時間を把握することが可能となる。



図2 実際に設置された測定機器：本学7号館の都市創造工学科事務室の窓際に設置された測定機器である。

3.3 本学のキャンパスと測定機器の設置地点について

本学の敷地は東西に細長く、中央キャンパスと東キャンパスは一般道で区切られている。中央キャンパスに存在する最西端の建物は本館、東キャンパスに存在する最東端の建物は 15 号館である。この 2 つの建物間の距離は直線距離にしておよそ 700m ほどである。両キャンパスを行き来するにはキャンパス間にある信号が設置されている横断歩道を渡る必要がある。横断歩道の信号は押ボタン形式になっており、ボタンを押してから横断歩道を渡れるようになるまでの時間は最長でおよそ 40 秒ほどである。本学の建物の多くは 5 階が最上階となっており、大半の学生は階段を利用して目的の階へと移動している。また建物内にはエレベータが設置されており利用する学生が少なくないことから移動時間にはエレベータでの移動も考慮する必要がある。

前節で述べたように測定機器がデジタルデバイスを検知できるかどうかはデジタルデバイスが発する Probe Request の信号強度に依存している。そのためデジタルデバイスの存在を検知できるかはそのデバイス次第になるため検知範囲を測定機器側で調整することは困難である。測定機器設置にあたり学内において学生の利用頻度が多い建物や通行量の多いと思われる箇所を選択し設置した。設置地点は表 1、キャンパスマップ上の位置を図 3 にそれぞれ示す。

表 1 学内における測定機器を設置した建造物名称一覧：中央キャンパスに 6 箇所、東キャンパスに 5 箇所設置している。設置地点の選択は学内における学生の利用頻度が多い建物や通行量の多いと思われる箇所を基準としている。

中央キャンパス	東キャンパス
5 号館	3 号館
7 号館	4 号館
9 号館	8 号館
16 号館	15 号館
本館 (11 号館)	東キャンパス学食 (クリスタルテラス)
図書館	

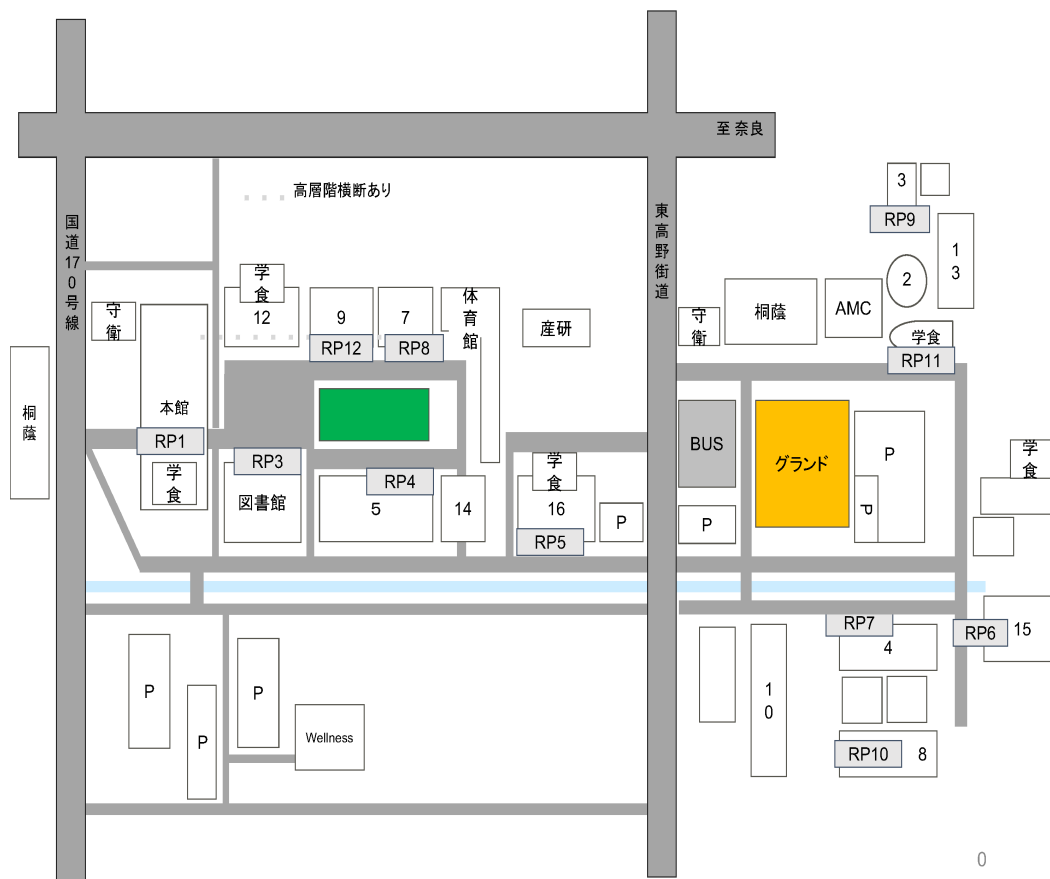


図3 キャンパスマップと測定機器の設置地点：“RP”は測定機器の事を意味し、数字は各測定機器の個体名称である。またこのマップは上部を北として描かれている。東高野街道を挟んで西に6箇所、東に5箇所設置し、測定機器間ではできるだけ検知範囲が被ることなく可能な限り学内全体をカバーできるような位置になっている。設置箇所は事務室などの極力特定の人物しか自由に入出入りする事の出来ない場所を選んでいるため、条件を満たさず設置を断念した場所も存在する。

4 データ解析の手法

第3章で述べた手法において収集された Probe Request には主に次のものが含まれる。

- MAC アドレス
- 電波強度
- SSID^{*5}

また Probe Request を取得したタイミングでタイムスタンプ^{*6}を付加している。これらのうち本研究において利用したのは“MAC アドレス”と“タイムスタンプ”である。各設置点で収集されたデータはそのままの状態では学生の移動時間を知るには非常にわかりにくい形になっている。これらの解析を行い、学生が使う経路やその所要時間を人間にとってわかりやすい形に加工し実態の調査を行った。

4.1 取得したデータ

学内の複数地点に測定機器を設置したことで収集できた Probe Request の総数と取得した地点を次に示す。取得データを Probe Request の取得数でソートしたものを図4に、中央キャンパスと東キャンパスで分けたものを図5にそれぞれ示す。

取得データ数は中央キャンパスの方が多く、これは東キャンパスに比べ中央キャンパスの方が学生の数が多いと捉えることができる。またデータの収集期間は2018年11月21日から同年12月18日までの4週間であり、1日あたりの取得数は最多の9号館で約102,000個、最少の4号館では約3,000個とその差は99,000個もある。これは学生の施設利用頻度としての見方もできる。

4.2 移動時間の解析

本学の学科ごとの必修科目などから使用されている教室の位置を調査し、中央キャンパスにおける一部科目の開講される教室のある建物に対して各建物からの移動時間を算出した。一般的な歩行速度は20-24歳男性で87.6m/分、20-24歳女性で74.1m/分 [4] であることから、学内の最長移動距離であると思われる本館と15号館間の移動距離である700mを移動するのにかかる時間は男性でおよそ8分、女性でおよそ10分である。これに加え次の要素から30分未満を移動時間と定義した。

- 中央キャンパスと東キャンパスを行き来するには押ボタン式の信号を渡る必要がある
- 検知タイミングはデジタルデバイスが Probe Request を発信したタイミングであり、実際に目的地へと到着した時間とは誤差が生じる
- 教室から教室への移動と考えた場合最長移動距離と考えられる700mを越える距離の移動と時間がかかる

また Probe Request は常に発信し続けているものではなく、各ベンダー^{*7}や端末機種ごとに異なる秒、または分間隔で発信しているため取得タイミングで検知した範囲のどの位置にいるのかまでは特定することが出来ず算出される移動時間には誤差が生じることになる。

^{*5} 無線 LAN におけるアクセスポイントの識別名

^{*6} ある出来事が発生した日時日付時刻などを示す文字列

^{*7} 製品の製造元や販売供給元

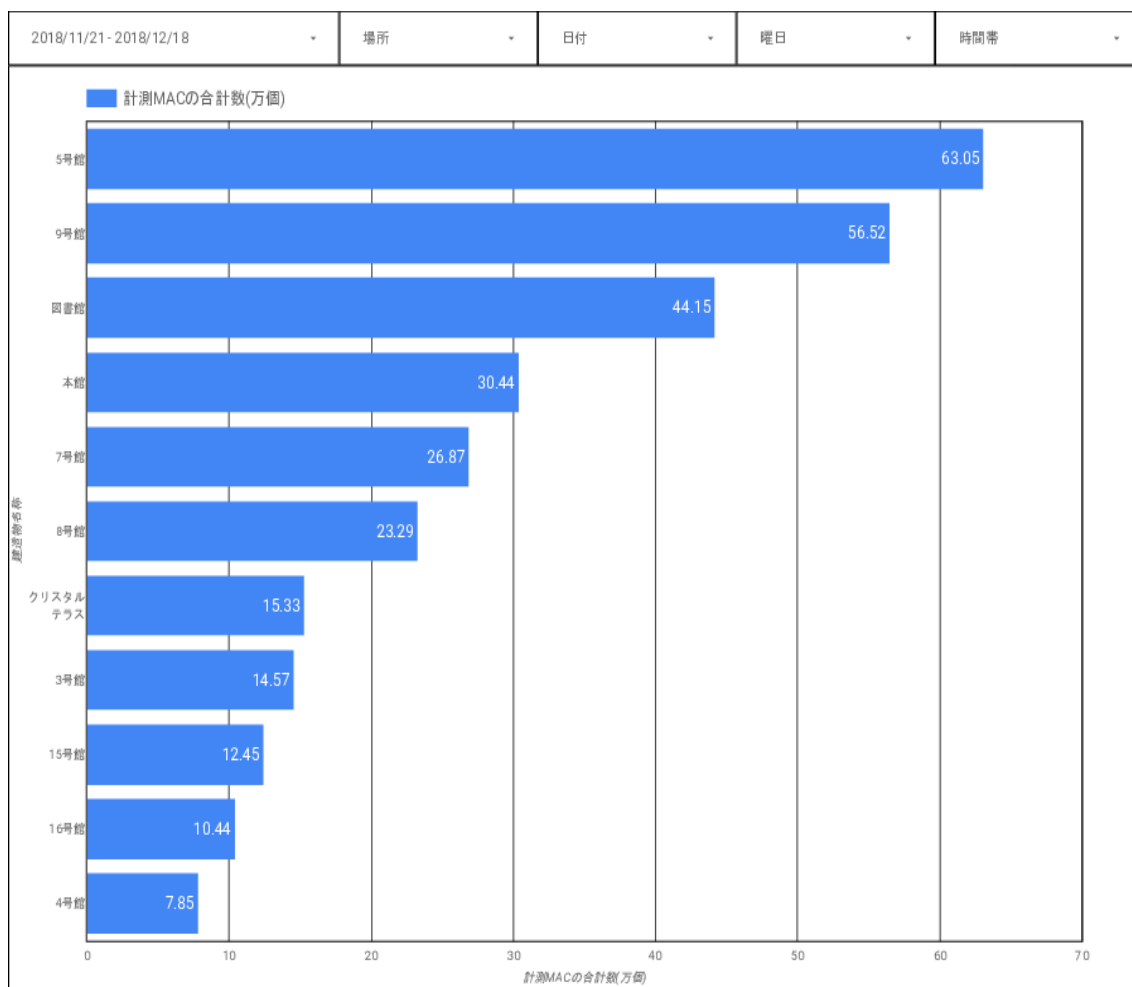


図 4 取得した Probe Request の総数と取得した地点：Probe Request の取得数でソートしている。測定期間が 4 週間であることから 1 日あたりの取得数は最大の 5 号館でおよそ 23,000 個程度となり、最少の 4 号館では約 2,900 個とその差は 20,000 個である。

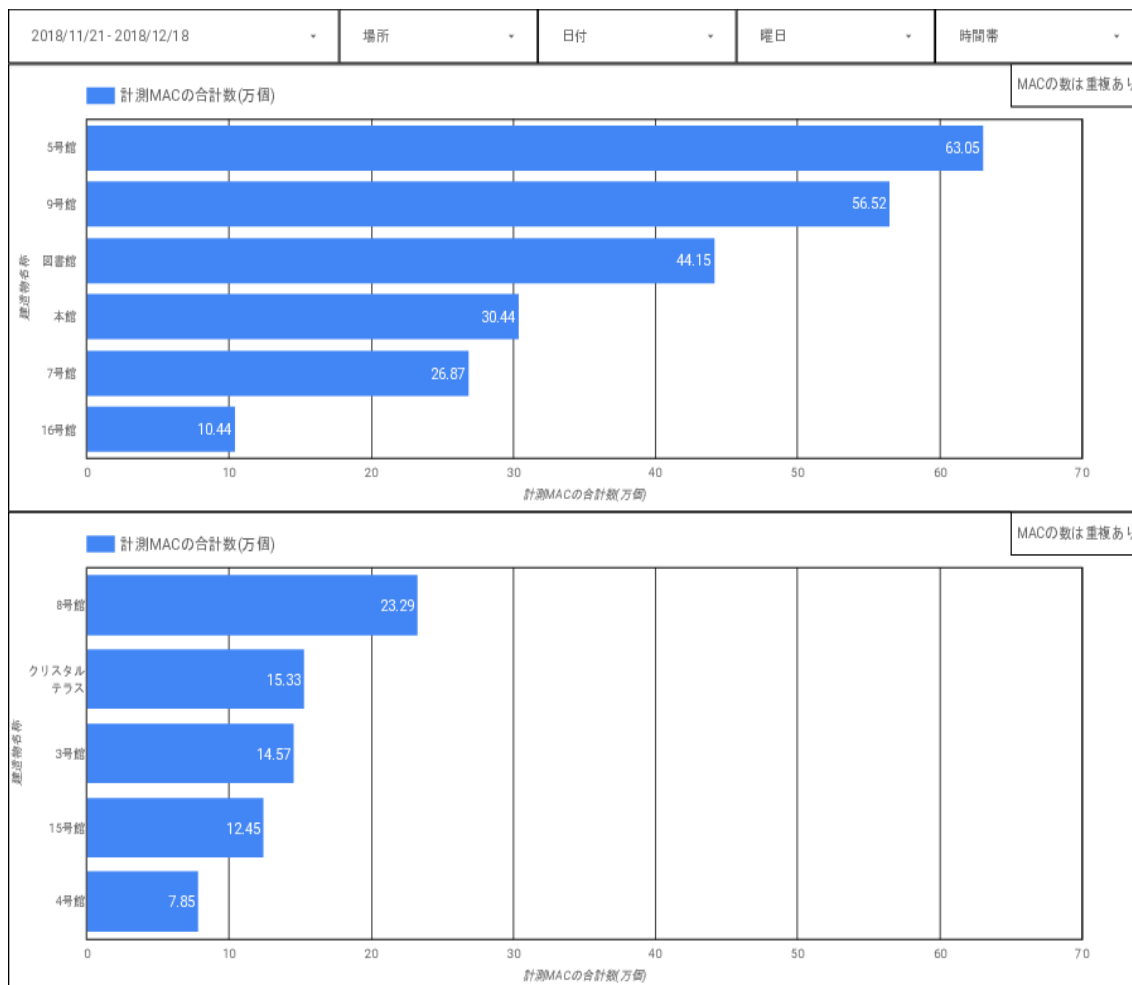


図5 取得した Probe Request の総数と取得した地点 (キャンパス別) : Probe Request の取得数でソートしている。中央キャンパスと東キャンパスでは取得数に圧倒的な差があり、これは東キャンパスに比べ中央キャンパスを利用する学生の方が多いと捉えることができる。

5 実態の調査

第4章で用いた手法により主な利用キャンパスが異なることによって移動距離と所要時間に差が生じ受講環境に強い影響を及ぼしていることがわかった。講義と講義の間には移動などを目的とした10分間の休憩時間が設けられている。すなわち10分を越える移動時間は休憩時間中の移動が困難であると考えられ、受講環境に影響を及ぼしているといえる。以下は本学において各建物から一部科目が開講されている教室のある建物を目的地として移動した場合の所要時間の調査結果である。また各目的地への移動時間はデータ収集期間を総合したものと、雨天時のみのものに分かれている。雨天は1時間あたりの雨量が10mmを超えた場合とし、収集期間中の雨天は12月4日のみであった[5,6]。

5.1 本館を目的地とした場合

本館を目的地とした場合の平均移動時間を表2と図6にそれぞれ示す。中央キャンパス内を出発点とする場合と東キャンパス内を出発点とした場合では移動距離が大幅に異なるため最低でも6分ほど移動時間に違いが出る。また本館は中央キャンパスの最西端に位置しているのに対し15号館は東キャンパスの最東端に位置しており、その距離はおよそ700mである。これは実際のデータを見ても平均17分と最も長い移動時間であることを示している。この移動時間が平均であることを考慮しても、受講目的で中央キャンパスへ移動するには急がざるを得ない場面が頻出するだろう。講義は開始時間までに到着するだけでなく、着席し受講の準備が終了していることが望ましい。しかしこの移動時間では準備を完了させることは難しいと言える。

表2 本館を目的地とした場合の平均移動時間の表：中央キャンパスと東キャンパスでは移動時間に最低でも6分、最高で10分もの差が開いてしまっている。純粋な移動距離が違う他に、道中に横断歩道をわたらなければならぬことも要因の一つとして考えられる。

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	5号館	7 min
	7号館	7 min
	9号館	5 min
	16号館	7 min
	図書館	1 min
東キャンパス	3号館	13 min
	4号館	13 min
	8号館	16 min
	15号館	17 min
	クリスタルテラス	15 min

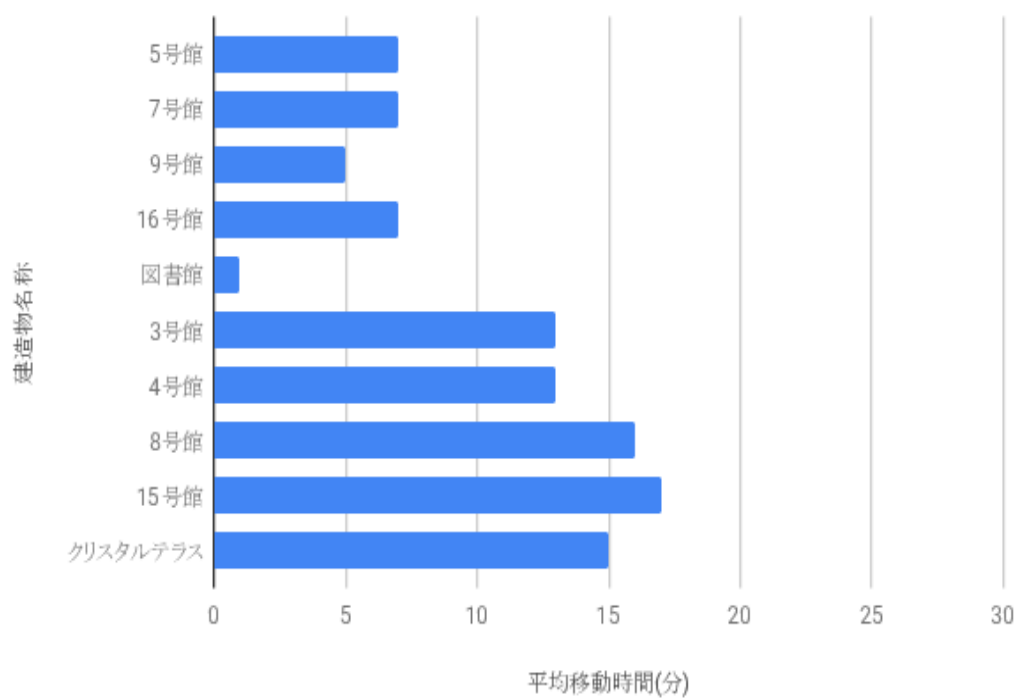


図 6 本館を目的地とした場合の平均移動時間：出発地点が本館と同じ中央キャンパス内か東キャンパスかではおよそ 6 分も移動時間に差が見られる。最多の所要時間は 17 分で、これでは休憩時間中に移動を完了させることは難しいと言える。

雨天時の本館を目的地とした場合の平均移動時間を表 3 と図 7 にそれぞれ示す。7 号館、4 号館、8 号館、15 号館は移動時間が増加している。逆にそれ以外の建物からの所要時間に関しては減少または総合の移動時間と変わらない結果となった。計測期間中の雨天は 1 日のみであるため時間の増減の要因を雨だけであると断定は出来ないが、やはり雨が降る事で移動時間が増加する可能性があることは考えられる。

表 3 雨天時の本館を目的地とした場合の平均移動時間の表：表 2 と比べ 7 号館、4 号館、8 号館、15 号館は移動時間が増加しているのに対し、それ以外の建物からの移動時間は減少または総合の移動時間と変わらない結果となった。計測期間中の雨天は 1 日のみであるため、移動時間増減の要因が雨であると断定することは出来ないが、雨が降ることで移動時間が増加する可能性があることは考えられる。

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	5 号館	7 min
	7 号館	12 min
	9 号館	3 min
	16 号館	6 min
	図書館	1 min
東キャンパス	3 号館	10 min
	4 号館	16 min
	8 号館	22 min
	15 号館	20 min
	クリスタルテラス	12 min

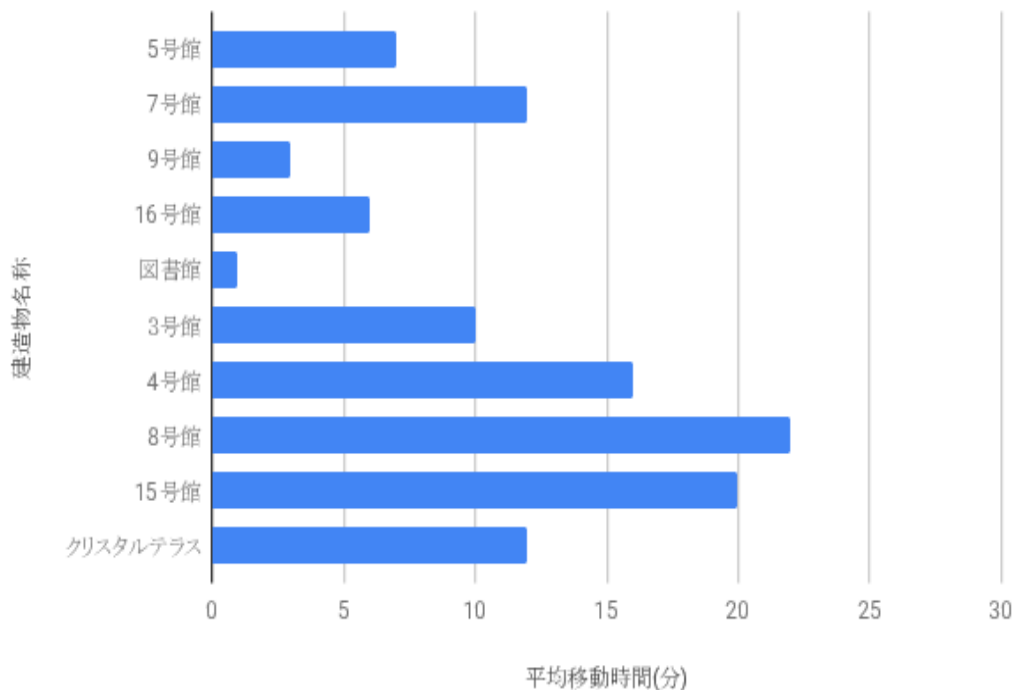


図 7 雨天時の本館を目的地とした場合の平均移動時間：表 6 に比べ所要時間が大幅に増加しているものが見受けられるとともに、減少している地点も存在する。移動時間の増加している要因は雨である可能性が考えられる。

5.2 5号館を目的地とした場合

5号館を目的地とした場合の平均移動時間を表4と図8にそれぞれ示す。こちら中央キャンパス内を出発点とする場合と東キャンパスを出発点とする場合では移動時間が最大で9分も差が出ている。また本館を目的地とした場合と比べ、距離が短くなっていることで移動時間も短くなっていると思われる地点が見受けられる。しかしながら東キャンパスの出発地点からはどの地点も移動時間が10分を越えており、余裕を持った移動とは言い難くやはり移動時間の違いから受講環境に影響を及ぼしていることは否定できない。

表4 5号館を目的地とした場合の平均移動時間：中央キャンパス内での移動と東キャンパスから移動とでは最低でも4分、最高で9分もの差が出ている。時間の差が大きいことに加え東キャンパスの出発地点では移動時間が10分を超えていることから、余裕を持った移動時間とは言い難い。

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	7号館	0 min
	9号館	1 min
	本館	7 min
	16号館	5 min
	図書館	1 min
東キャンパス	3号館	13 min
	4号館	11 min
	8号館	14 min
	15号館	16 min
	クリスタルテラス	11 min

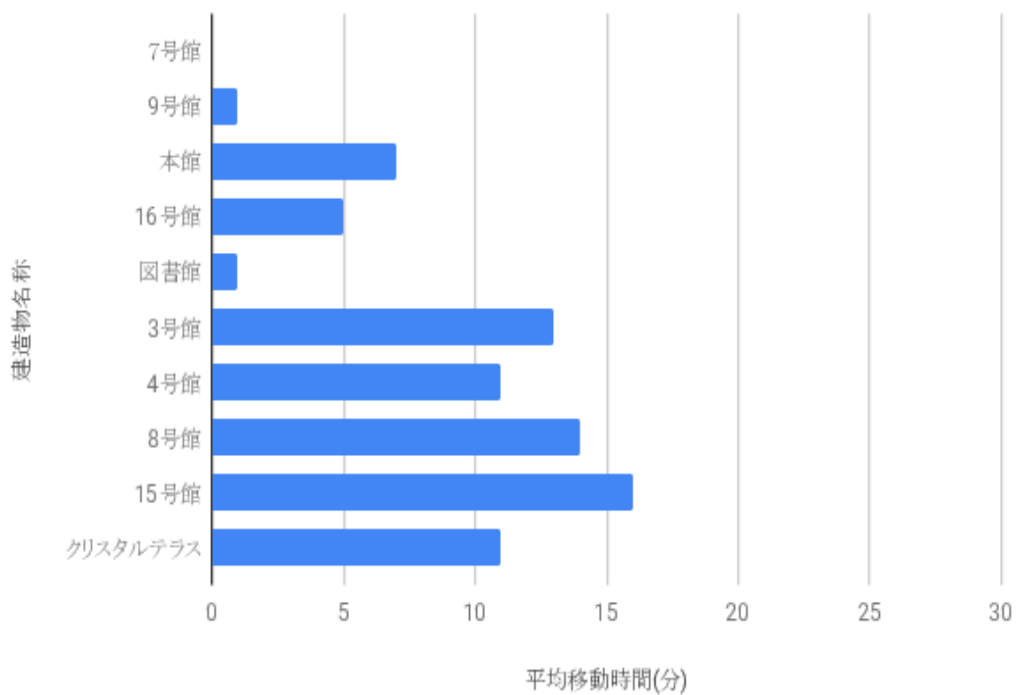


図8 5号館を目的地とした場合の平均移動時間：中央キャンパス内からの出発点と東キャンパスからの出発点からでは最大で9分もの差が出ている。7号館が0分になっていることや9号館、図書館が短時間で移動できているのは距離が最も短いとともに、2地点の測定機器がほぼ同時に同じデジタルデバイスの存在を検知しているためであると思われる。

雨天時の5号館を目的地とした場合の平均移動時間を表5と図9にそれぞれ示す。本館を目的地とした場合と同様に、増加している地点も存在すれば減少または変動しない地点も見られる結果となった。また雨天時に3号館と5号館を行き来したデジタルデバイスは検知されなかったためデータが存在しない。これは実際に3号館と5号館とを移動した人物が存在していなかったためであると思われる。

表5 雨天時の5号館を目的地とした場合の平均移動時間：本館を目的地とした場合と同様に、増加している地点も存在すれば減少または変動しない地点も見られる結果となった。また雨天時に3号館と5号館を行き来したデジタルデバイスを検知しておらず、3号館と5号館の平均移動時間のデータが存在しない。これは実際に移動した人物が存在していなかったためと考えられる。

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	7号館	0 min
	9号館	0 min
	本館	7 min
	16号館	4 min
	図書館	1 min
東キャンパス	3号館	-
	4号館	14 min
	8号館	13 min
	15号館	19 min
	クリスタルテラス	9 min

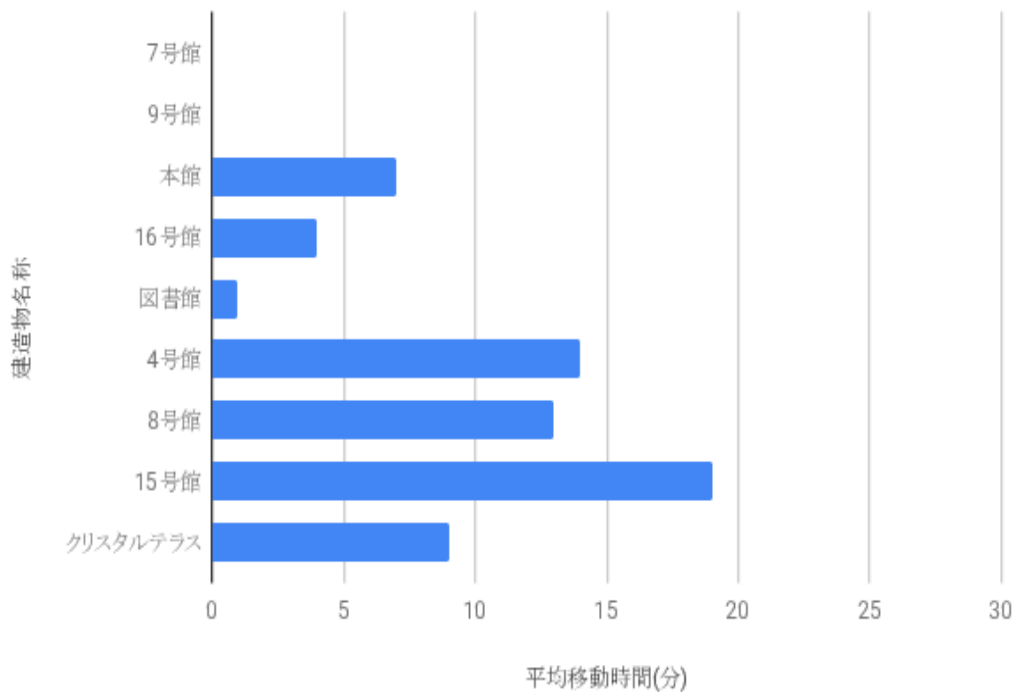


図9 雨天時の5号館を目的地とした場合の平均移動時間：本館を目的地とした場合と同様に、増加している地点も存在すれば減少または変動しない地点も見られる結果となった。また雨天時に3号館と5号館を行き来したデジタルデバイスは検知されておらず、3号館と5号館の平均移動時間のデータが存在しない。これは実際に移動した人物が存在していなかったためと考えられる。

5.3 7号館を目的地とした場合

7号館を目的地とした場合の平均移動時間を表6と図10にそれぞれ示す。やはり中央キャンパス内での移動時間と東キャンパスからの移動時間では大きな差が見られる。最大で9分、最低でも5分の差は無視できるものではない。

表6 7号館を目的地とした場合の平均移動時間：中央キャンパスからと東キャンパスからの移動では、所要時間に大きな差が見られる。最大で9分、最低でも5分という差は無視できるものではない

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	5号館	0 min
	9号館	1 min
	本館	7 min
	16号館	5 min
	図書館	5 min
東キャンパス	3号館	12 min
	4号館	12 min
	8号館	15 min
	15号館	16 min
	クリスタルテラス	12 min

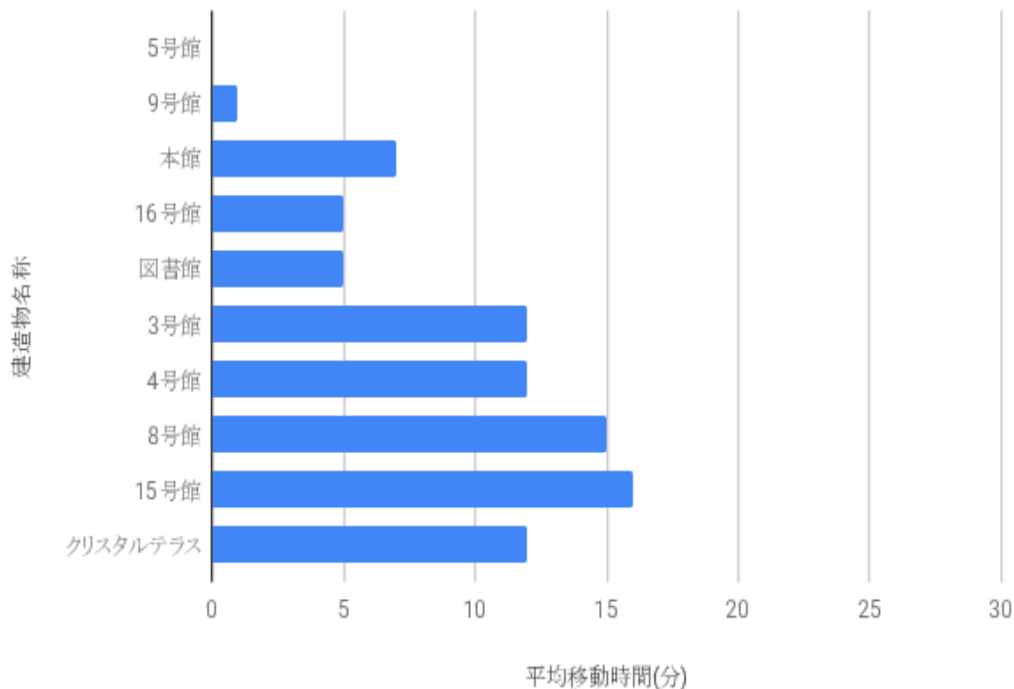


図10 7号館を目的地とした場合の平均移動時間：東キャンパスからの移動時間の差が短くなっているものの、中央キャンパスと比べるとその差は依然大きい。

雨天時の7号館を目的地とした場合の平均移動時間を表7と図11にそれぞれ示す。最も目立つのは15号館からの移動が26分となっている点である。本館に比べ7号館と15号館の距離は短い。しかし距離に反して所要時間が長くなっているのは雨天であること以外に何か要因があると考えられる。また東キャンパスの3号館および8号館のデータが存在していないのは5.2の雨天時と同様に、それぞれの地点と7号館との間を移動した学生がいなかったためと思われる。

表7 雨天時の7号館を目的地とした場合の平均移動時間：最も目立つのは15号館からの移動に26分かかっている点である。本館に比べ7号館と15号館の距離は短い。しかし距離に反して所要時間が長くなっているのは雨天であることとは他に要因があると考えられる。また東キャンパスの3号館および8号館のデータが存在していないのは5.2の雨天時と同様に、それぞれの地点と7号館との間を移動した学生がいなかったためと思われる。

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	5号館	0 min
	9号館	0 min
	本館	12 min
	16号館	5 min
	図書館	5 min
東キャンパス	3号館	-
	4号館	6 min
	8号館	-
	15号館	26 min
	クリスタルテラス	10 min

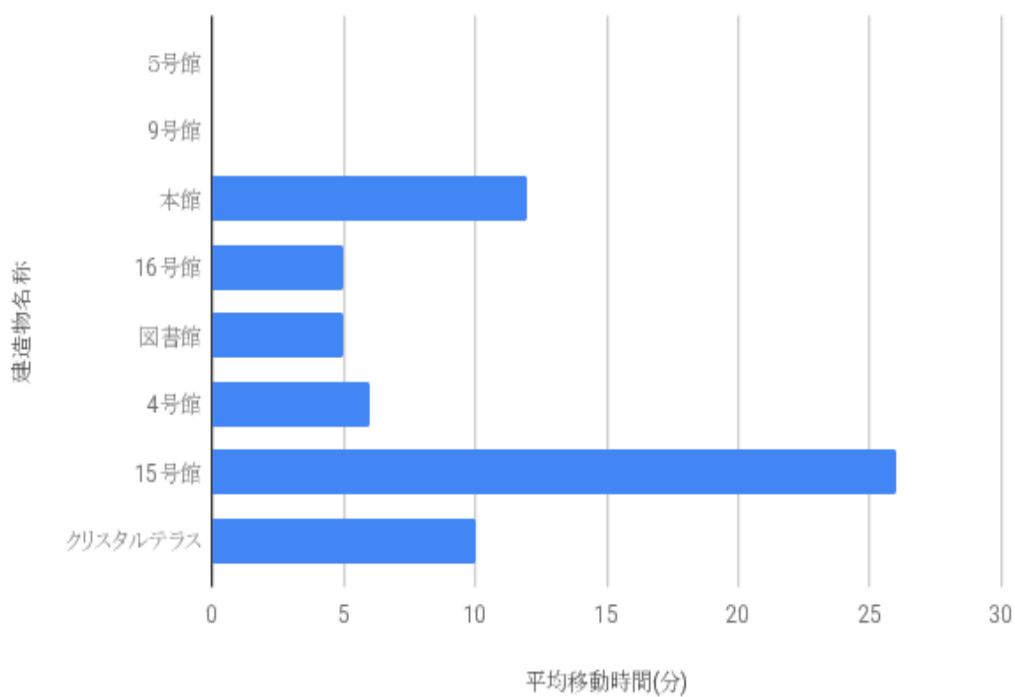


図 11 雨天時の 7 号館を目的地とした場合の平均移動時間：最も目立つのは 15 号館からの移動に 26 分もかかっている点である。本館に比べ 7 号館と 15 号館の距離は短い。しかし距離に反して所要時間が長くなっているのは雨天であることとは他に要因があると考えられる。また東キャンパスの 3 号館および 8 号館のデータが存在しないのは 5.2 の雨天時と同様に、それぞれの地点と 7 号館との間を移動した学生がいなかったためと思われる。

5.4 9号館を目的地とした場合

9号館を目的地とした場合の平均移動時間を表8と図12にそれぞれ示す。中央キャンパス内での移動と東キャンパスからの移動では最高で10分、最低でも5分差となっている。最長は8号館、15号館からの16分で休憩時間中の移動は困難であると考えられる。

表8 9号館を目的地とした場合の平均移動時間：最高で10分、最低でも5分差になっている。最長は8号館、15号館からの16分で、休憩時間中の移動は困難であると考えられる

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	5号館	1 min
	7号館	1 min
	本館	5 min
	16号館	6 min
	図書館	0 min
東キャンパス	3号館	14 min
	4号館	13 min
	8号館	16 min
	15号館	16 min
	クリスタルテラス	11 min

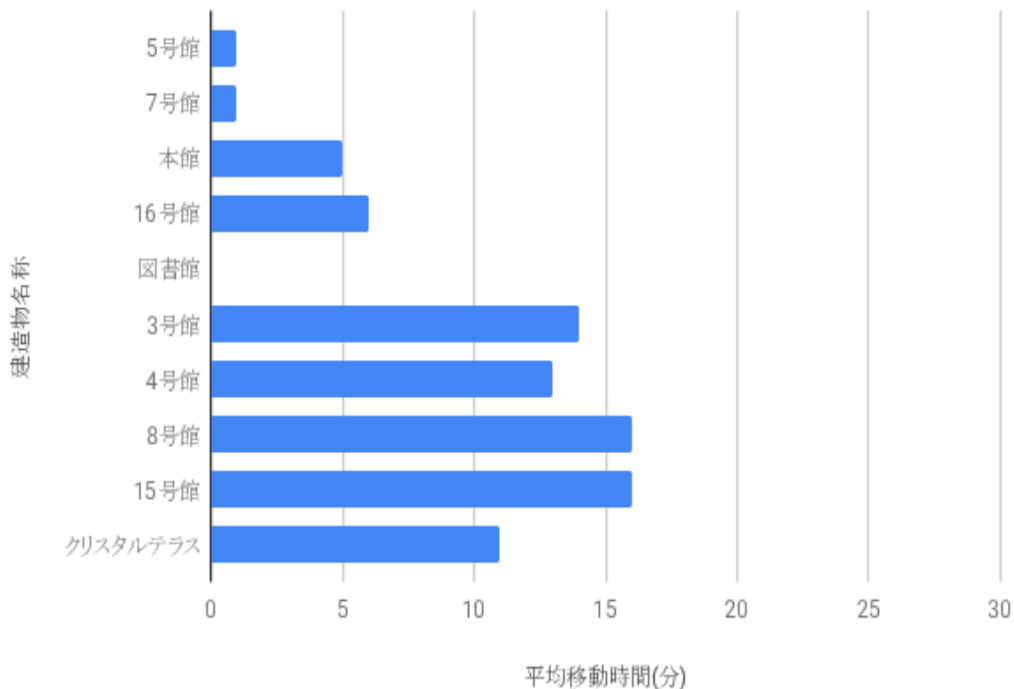


図12 9号館を目的地とした場合の平均移動時間：本館や5号館を目的地にした場合に比べ東キャンパスからの移動時間の差が小さくなっている。

雨天時の9号館を目的地とした場合の平均移動時間を表9と図13にそれぞれ示す。最も目立つのは3号館からの移動時間の27分である。これは算出された平均移動時間の中で最長の時間である。雨天であることだけが要因であるとは考え難く更に調査を行う必要がある。

表9 雨天時の9号館を目的地とした場合の平均移動時間：最も目立つのは3号館からの移動時間の27分である。これは算出された平均移動時間の中で最長の時間である。雨天であることだけが要因であるとは考え難く更なる調査を行う必要がある。

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	5号館	0 min
	7号館	0 min
	本館	3 min
	16号館	6 min
	図書館	0 min
東キャンパス	3号館	27 min
	4号館	7 min
	8号館	11 min
	15号館	15 min
	クリスタルテラス	20 min

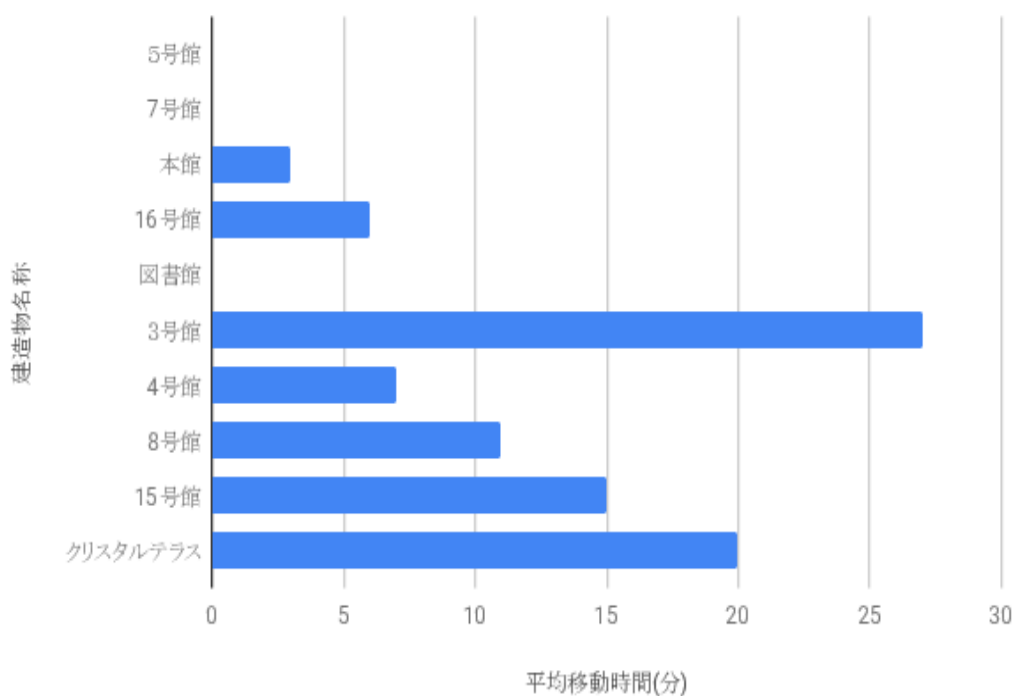


図13 雨天時の9号館を目的地とした場合の平均移動時間：最も目立つのは3号館からの移動時間である。また図12と異なり東キャンパスからの移動時間の差が非常に大きい。3号館からと4号館からとではおよそ20分の差となり、雨天であること以外の要因が考えられ更なる調査を行う必要がある。

5.5 16号館を目的地とした場合

16号館を目的地とした場合の平均移動時間を表10と図14にそれぞれ示す。全体的に差が縮まり最高でも7分となっている。また最高の移動時間が12分という点も調査を行った地点の内中央キャンパスにある建物の中で最も東キャンパスに近いことが要因であると思われる。しかしながら休憩時間中の移動としてはまだ余裕を持つての移動は難しいだろう。

表10 16号館を目的地とした場合の平均移動時間：全体的に差が縮まり最高でも7分となっている。また最高の移動時間が12分という点も調査を行った地点の内中央キャンパスにある建物の中で最も東キャンパスに近いことが要因であると思われる。しかしながら休憩時間中の移動としてはまだ余裕を持つての移動は難しいだろう。

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	5号館	5 min
	7号館	5 min
	9号館	6 min
	本館	7 min
	図書館	7 min
東キャンパス	3号館	10 min
	4号館	8 min
	8号館	11 min
	15号館	12 min
	クリスタルテラス	8 min

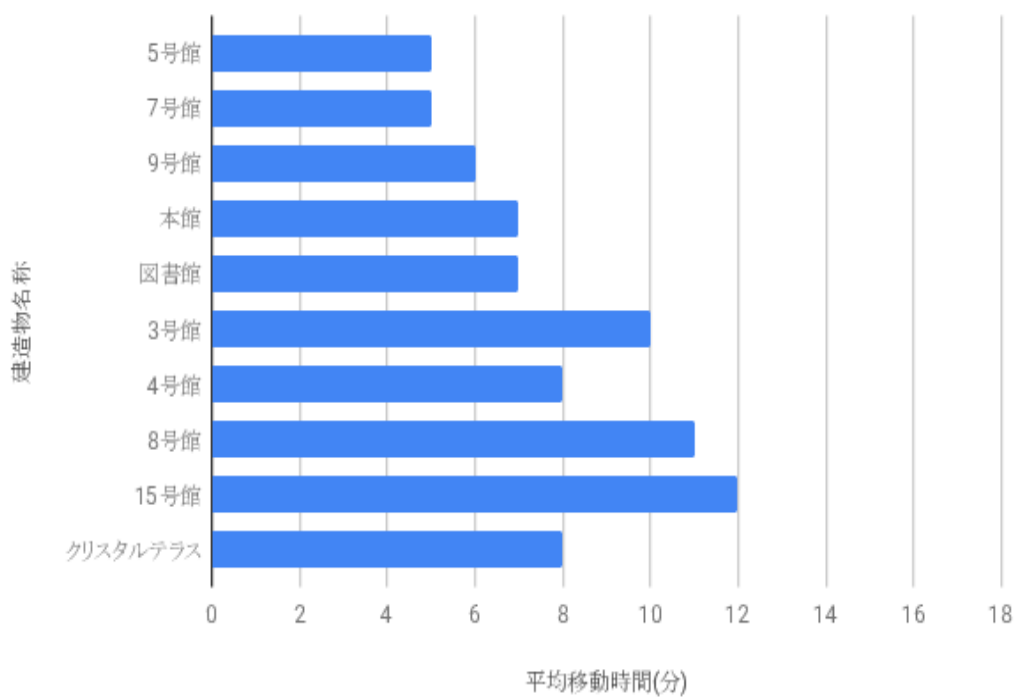


図 14 16号館を目的地とした場合の平均移動時間：全体的に差が縮まり最高でも7分となっている。また最高の移動時間が12分という点も調査を行った地点の内中央キャンパスにある建物の中で最も東キャンパスに近いことが要因であると思われる。しかしながら休憩時間中の移動としてはまだ余裕を持った移動は難しいだろう。

雨天時の 16 号館を目的地とした場合の平均移動時間を表 11 と図 15 にそれぞれ示す。雨天時であるにも関わらず平均移動時間が最高で 10 分と唯一どの建物からも 10 分以内で移動している結果となった。

表 11 雨天時の 16 号館を目的地とした場合の平均移動時間：雨天時であるにも関わらず平均移動時間が最高で 10 分と唯一どの建物からも 10 分以内で移動している結果となった

キャンパス	出発地点	所要時間
中央キャンパス	5 号館	4 min
	7 号館	5 min
	9 号館	6 min
	本館	6 min
	図書館	8 min
東キャンパス	3 号館	5 min
	4 号館	7 min
	8 号館	5 min
	15 号館	10 min
	クリスタルテラス	10 min

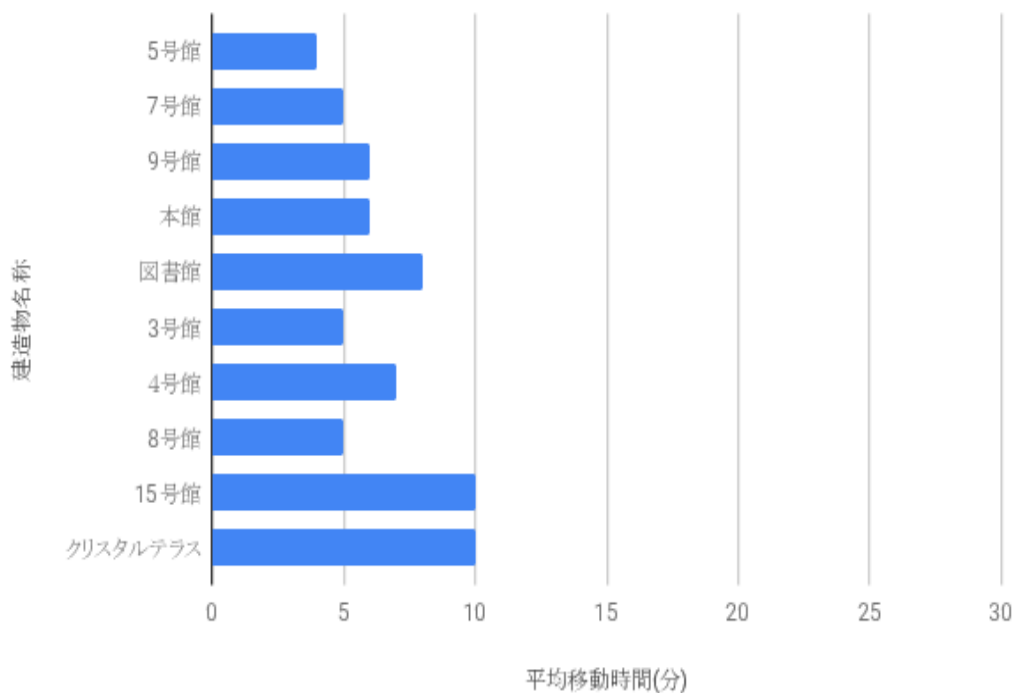


図 15 雨天時の 16 号館を目的地とした場合の平均移動時間は表 11 のようになった。雨天時であるにも関わらず平均移動時間が最高で 10 分と唯一どの建物からも 10 分以内で移動している結果となった。

6 まとめ

本研究は学生によって異なる教室間の移動距離や、それに要する時間が原因で生じるとされる受講環境の差の改善のための実態調査が目的である。実態調査を行うため本学内の計 11 箇所に Probe Request の測定機器を設置、デジタルデバイスの移動をその所持者の移動であると考えデジタルデバイスの移動を追うことで学生の移動の把握を行った。また受講環境に悪影響を及ぼさない移動時間として適切であるかどうかは、講義と講義の間に教室の移動などを目的として設けられている休憩時間が 10 分であることから 10 分以内の移動時間を適切であるとした。

実態調査の結果は第 5 章のようになり、一部科目を受講するために東キャンパスと中央キャンパスを往来するための移動時間は休憩時間の 10 分を越えるものがほとんどであった。このことから休憩時間中に移動を完了させるのは困難であり、学生によって異なる教室間の移動距離やそれに要する時間が原因で受講環境に差が生じていると言える。

以上の結果から、本研究の目的は達成されたとはいきれない。研究結果は要因の究明までは出来ておらず、更なる調査が必要であると考えられる。

7 今後の課題

本研究における課題は少なくない。測定機器の精度やその設置場所、個人を特定できないことなどが挙げられる。これらの課題を解決することができるならば、より一層正確な調査が可能となる。今後、次に挙げる課題の解決を含めた改善が成されることでより詳細な実態調査が可能となり、その結果が学生生活の向上に活用されることに期待する。

7.1 測定手法について

本研究における測定機器を用いた手法にはいくつか課題が残されている。

7.1.1 精度の面

3.2 でも述べたようにデジタルデバイスが発信する Probe Request を測定機器を用いて取得することでデータの収集を可能にしている。この Probe Request の強度はデジタルデバイスに依存するため取得環境を限定することが難しく室内のみでのデータの取得が出来ない。取得環境の限定が可能になれば各教室に測定機器を設置することで、教室から教室の移動を誤差を最小限にして把握することが可能になる。

7.1.2 位置の割り出し

測定機器で収集する Probe Request の中に含まれる情報の一つに”電波強度”がある。これはデジタルデバイスから発信された Probe Request の強度であり、この数値によってデバイスと測定機器とのおおよその距離が算出できる。複数の測定機器で電波強度を検知することが出来れば GPS の位置測位と同様に三点測位のような方法で位置の割り出しが可能となり精度は格段に向上させることができる。しかし本研究における設置位置は準備できる測定機器の数の問題から検知範囲が可能な限り被ることのないような位置になっているため、測定機器とデバイスとのおおよその距離しか算出できず位置の特定は不可能である。

7.1.3 Probe Request の発信間隔

設置した測定機器がデジタルデバイスを検知できるタイミングはデジタルデバイスから発信される Probe Request の発信間隔によって決まる。この発信間隔は Android や iOS などの OS によって様々であり、一概にその間隔を明記できない [7]。この Probe Request の発信間隔が一定でないことから本研究において算出された移動時間には誤差が生じている。

7.2 個人情報の取り扱いについて

本研究では個人情報保護の目的で、取得した MAC アドレスに匿名化処理が施されている。そのため学生の学部や学科を特定することが出来ず、行動範囲からおおよその推測をすることしか出来ない。学生の学部や学科と MAC アドレスを紐付けすることが可能になれば、学科ごとの移動パターンなどを割り出すことができるためより正確な調査が可能になる。

謝辞

本論文の執筆及び研究を行うにあたっての作業にご指導、ご協力頂きました大垣 斉准教授、情報教育システム研究室のメンバーの方々、その他見守ってくださった方々に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 総務省. 総務省 第1部 特集 データ主導経済と社会変革. <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc111110.html>, 2017.
- [2] 三神山 駿・森本 哲郎・白濱 勝太・上善恒雄. Probe request を利用した人流解析システム. Master's thesis, 大阪電気通信大学, 2013.
- [3] 壇辻 貴生・杉下 佳辰・福田 大輔・浅野光行. Wi-fi パケットデータを用いた観光客の滞在時間特性把握の可能性に関する研究. 公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集, Vol. 52, No. 3, pp. 247-254, 2017.
- [4] 横浜市スポーツ医科学センター. ウォーキングの科学. <http://www.yspc-ysmc.jp/ysmc/column/health-fitness/walking-2.html>.
- [5] 気象庁. 生駒山 2018 年 11 月 (日ごとの値). https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_a1.php?prec_no=62&block_no=0604&year=2018&month=11&day=&view=, 11 2018.
- [6] 気象庁. 生駒山 2018 年 12 月 (日ごとの値). https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_a1.php?prec_no=62&block_no=0604&year=2018&month=12&day=&view=p1, 12 2018.
- [7] <http://www.com/articles/article.asp?p=102282&seqNum=2>. 「802.11 Wireless LAN Fundamentals」に記述されている「Roaming Algorithms」から Probe Request の発信間隔は定義されていない.

8 ソースコード

8.1 pcap-csv.sh

Listing 1 pcap 形式のファイルを csv 形式に一括変換する

```
#!/bin/sh

hash_befor=./befor_hashMAC
hash_after=./after_hashMAC
nomalMAC=./nomalMAC_CSV

startdate=20181120
enddate=20181218

for pcap_file in `find . -name "*.pcap"`
do
    pcap_name=`basename ${pcap_file} .pcap`
    rpNo=`echo ${pcap_name} | grep -o 'rp[0-9]\{1,2\}`

    tshark -t a -r ${pcap_file} >> ${nomalMAC}/${rpNo}/${pcap_name}.csv
done
```

8.2 csv-txt.sh

Listing 2 csv 形式のファイルを txt 形式に一括変換する

```
#!/bin/sh

nomal_txt=./nomalMAC.txt
nomal_csv=./nomalMAC_CSV

startdate=20181121
enddate=20181218

currentdate=${startdate}

while [ 1 ]
do
    for rpNo in `seq 1 12`
    do
        if [ ${rpNo} = 1 ]; then
            cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
```

```

sed -e 's/      //g' -e 's/$/ B11F01N01/' > ${nomal_txt
    }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

elif [ ${rpNo} = 3 ]; then
    cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
sed -e 's/      //g' -e 's/$/ BglF01N01/' > ${nomal_txt
    }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

elif [ ${rpNo} = 4 ]; then
    cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
sed -e 's/      //g' -e 's/$/ B05F01N01/' > ${nomal_txt
    }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

elif [ ${rpNo} = 5 ]; then
    cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
sed -e 's/      //g' -e 's/$/ B16F01N01/' > ${nomal_txt
    }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

elif [ ${rpNo} = 6 ]; then
    cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
sed -e 's/      //g' -e 's/$/ B15F05N01/' > ${nomal_txt
    }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

elif [ ${rpNo} = 7 ]; then
    cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
sed -e 's/      //g' -e 's/$/ B04F02N01/' > ${nomal_txt
    }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

elif [ ${rpNo} = 8 ]; then
    cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
sed -e 's/      //g' -e 's/$/ B07F01N01/' > ${nomal_txt
    }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

elif [ ${rpNo} = 9 ]; then
    cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
sed -e 's/      //g' -e 's/$/ B03F01N01/' > ${nomal_txt
    }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

elif [ ${rpNo} = 10 ]; then
    cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\

```

```

        sed -e 's/      //g' -e 's/$/ B08F02N01/' > ${nomal_txt
        }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

    elif [ ${rpNo} = 11 ]; then
        cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
        sed -e 's/      //g' -e 's/$/ BctF01N01/' > ${nomal_txt
        }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt

    elif [ ${rpNo} = 12 ]; then
        cat ${nomal_csv}/rp${rpNo}/${currentdate}/*.csv |\
        sed -e 's/      //g' -e 's/$/ B09F01N01/' > ${nomal_txt
        }/rp${rpNo}/${currentdate}.txt
    fi
done

if [ ${currentdate} = ${enddate} ]
then
    break
fi

currentdate=`date -d "${currentdate}_1day" "+%Y%m%d"`
done

```

8.3 MAC_target_list.sh

Listing 3 5号館、7号館、9号館、16号館及び本館で検知されたMACアドレスのリストを作成する

```

#!/bin/sh

target_l=target_list

startdate=20181121
enddate=20181218

currentdate=${startdate}

while [ 1 ]
do
    cp /dev/null ${target_l}/${currentdate}_target_list.txt

    for MACfile in `find . -name "${currentdate}*rp1_list.txt" -o -name "${
    {currentdate}*rp4_list.txt" -o -name "${currentdate}*rp5_list.txt"

```

```

        -o -name "${currentdate}*rp8_list.txt" -o -name "${currentdate}*
        rp12_list.txt" '
do
    cat ${MACfile} >> ${target_1}/${currentdate}_target_list_b.txt

done

cat ${target_1}/${currentdate}_target_list_b.txt |\
sort |\
uniq > ${target_1}/${currentdate}_target_list.txt

rm ${target_1}/${currentdate}_target_list_b.txt

if [ ${currentdate} = ${enddate} ]
then
    break
fi
currentdate='date -d "${currentdate}_1day" +%Y%m%d' '
done

```

8.4 daily_list.sh

Listing 4 8.3 を用いて作成したファイルを基に MAC アドレス毎に日付ごとのファイルを作成する

```

#!/bin/sh

after=./after_hashMAC
target=./target_list

startdate=20181121
enddate=20181218

currentdate=${startdate}

while [ 1 ]
do
    while read targetMAC
    do
        grep -h ${targetMAC} nomalMAC.txt/*/${currentdate}.txt | sort > ${
            after}/${currentdate}/${targetMAC}_${currentdate}.txt

    done < ${target}/${currentdate}_target_list.txt

```

```

if [ ${currentdate} = ${enddate} ]
then
    break
fi

    currentdate='date -d "${currentdate}_1day" "+%Y%m%d"'
done

```

8.5 mt.sh

Listing 5 t.sh

```

#!/bin/bash

cp /dev/null move/mt/all_mt_f.txt

for file in `find move/mt/2018* -type f`
do
    awk '{print $2,$3,$4}' ${file} | sort >> move/mt/all_mt_f.txt
done

cat move/mt/all_mt_f.txt | sort | uniq -c > move/mt/all_mt.txt

Building=('B05' "B07" "B09" "B11" "B16" "B03" "B04" "B08" "B15" "Bct" "Bgl")

for m in `seq 0 4`
do

    cp /dev/null move/mt/list/to${Building[${m}]}_mt.txt

    for n in `seq 0 10`
    do
        if [ ${m} -ne ${n} ]
        then

            all=0
            count=0

            grep "${Building[${m}]}" move/mt/all_mt.txt | grep "${
                Building[${n}]}"}" > move/mt/gre_mn.txt
        fi
    done
done

```

```

while read line
do
    uc='echo ${line} | awk '{print $1}''
    mt='echo ${line} | awk '{print $4}''
    all=$(( ${all} + ${uc} * ${mt} ))
    count=$(( ${count} + ${uc} ))

done < move/mt/gre_mn.txt

ave=$(( ${all} / ${count} ))
echo "${Building[${n}]}_${ave}" >> move/mt/
    list/to${Building[${m}]}_mt.txt

fi

done

done

```

8.6 ソースコード.6

Listing 6 last.sh

```

#!/bin/bash

awk '{print $2,$3,$4}' 20181204_mt.txt | sort | uniq -c > move/mt/1204_mt.txt

Building=('B05' "B07" "B09" "B11" "B16" "B03" "B04" "B08" "B15" "Bct" "Bgl")

for m in `seq 0 4`
do

    cp /dev/null move/mt/rain/to${Building[${m}]}_mt.txt

    for n in `seq 0 10`
    do
        if [ ${m} -ne ${n} ]
        then

            all=0
            count=0

```

```

grep "${Building[${m}]}" move/mt/1204_mt.txt | grep "${
    Building[${n}]}" > move/mt/1204_mn.txt
if [ -n move/mt/1204_mn.txt ]
then
    while read line
    do
        uc='echo ${line} | awk '{print $1}''
        mt='echo ${line} | awk '{print $4}''
        all=$(( ${all} + ${uc} * ${mt} ))
        count=$(( ${count} + ${uc} ))

    done < move/mt/1204_mn.txt

    if [ ${all} -ne 0 ]
    then
        ave=$(( ${all} / ${count} ))
        echo "${Building[${n}]}_${ave}" >>
            move/mt/rain/to${Building[${m}]}
            _mt.txt
    fi
fi
fi
done
done

```

8.7 ソースコード.7

Listing 7 last.sh

```

#!/bin/bash

startdate=20181218
enddate=20181218

currentdate=${startdate}

while [ 1 ]
do
    cp /dev/null move/mt/${currentdate}_mt.txt
    cp /dev/null move/mp/${currentdate}_mp.txt

    for file in `find move/${currentdate}/ -type f`

```

do

```
MAC='echo ${file} | awk -F[/-.] '{print $4}'  
ot=""  
op=""  
om=0
```

while read line

do

```
nt='echo ${line} | awk '{print $1}'  
np='echo ${line} | awk '{print $2}'  
nm=$(( ( 'date -d "${nt}" +%s' - 'date -d "${ot}" "  
    +%s' ' ) / 60 ))  
movetime=$(( ${om} + ${nm} ))
```

```
if [ -z "${ot}" -a -z "${op}" ]
```

then

```
MT=("${MAC}" "${np}")
```

```
MP=("${MAC}" "${np}")
```

```
elif [ ${op} != ${np} -a ${movetime} -lt 30 ]
```

then

```
MP+=("${np}")
```

```
om=${movetime}
```

```
elif [ ${op} != ${np} -a ${movetime} -ge 30 ]
```

then

```
MT+=("${op}" "${om}")
```

```
echo "${MT[@]}" >> move/mt/${currentdate}_mt.  
txt
```

```
echo "${MP[@]}" >> move/mp/${currentdate}_mp.  
txt
```

```
MT=("${MAC}" "${np}")
```

```
MP=("${MAC}" "${np}")
```

```
om=0
```

fi

```
ot=${nt}
```

```
op=${np}
```

done < \${file}

```
if [ ${movetime} -lt 30 ]
```

```

then
    MT+=(" ${np}" " ${movetime}")

echo ${MT[@]} >> move/mt/${currentdate}_mt.txt
echo ${MP[@]} >> move/mp/${currentdate}_mp.txt

fi
done

if [ ${enddate} = ${currentdate} ]
then
    break
fi

currentdate=`date -d "${currentdate}_1day" "+%Y%m%d" `
done

```