

会議室入退データを用いたネットワーク分析によるオフィス ワーカーの活躍評価

森木田 一真^{1,a)} 小島 世大¹ 坂田 美和¹ 武藤 敦子¹ 森山 甲一¹ 犬塚 信博¹

概要: 近年 IC カードの普及に伴い、IC カード利用履歴を用いた研究が増えている。また、人や組織の持つ属性ではなく、関係性に注目して減少を捉える社会ネットワーク分析の研究も行われている。本研究では、入退室管理システムを導入している企業から提供された入退室データを用いる。入退室データの中でも特に会議室のデータに注目し同じ会議に参加している人を推定し、それらの人を繋いだネットワークを作成した。作成したネットワークを用いて部署とコミュニティの関係を考察するとともに、役職と各中心性の相関を調査した。その結果、各中心性である程度の正の相関が見られ、特に近接中心性と役職の正の相関が高いという結果が得られた。これらの結果は、会議室入退データから求めたオフィスワーカーのネットワークの中心性が活躍指標となり得る可能性を示した。

キーワード: 入退室管理システム, IC カード, 社会ネットワーク分析, 中心性

Evaluation of office workers by network analysis using entry and exit data on conference rooms

1. はじめに

近年 IC カードの普及に伴い、IC カード利用の履歴を用いた研究が増えている。鈴木ら [1] は交通 IC カードの利用履歴を用いた研究をした。交通 IC カードの利用履歴から生活パターンを定量的に表す生活行動属性を提案した。また嶋本ら [2] も同じく交通 IC カード利用履歴を用いて公共交通の変動を把握した。

電子錠と IC カードにより、人の入退を制御する入退室管理システムの導入が増えている。現在では、企業は単純な入退室制御から進めて、オフィスワーカーや部門毎の入退室傾向の分析を行いたい、オフィスワーカーがどの部屋にいるのかを把握したいなどの要望がある [3]。

入退室管理システムは、電子錠に備えられたカードリーダーにかざされた ID カードの情報を読み取り通行履歴として記録する。カードリーダーは、利用者が ID カードをかざした際に、ID 情報を読み取り、内部に登録された通行許可リストと照合し、解錠する。この結果を通行データとして

入退室管理サーバに送信する。通行データは、ID カードの読み取り時刻、機器を識別するための名称、ID カードを所持する利用者名、解錠したことなどを示す内容からなる。入退室管理サーバは、通行データを通行履歴として記録する [3]。

また、社会学の分野において 1960 年以降、活発に社会ネットワーク分析の研究が行われてきた。社会ネットワーク分析とは行為者の属性ではなく、その関係性に着目して現象を捉える方法論の事である。つまり人や組織の持つ関係をネットワークとして捉えて何が中心的か、どの行為者が中心的であるのか、どんな派閥が存在するかなどを解明する分野である。対象とするネットワークは人間関係、企業間関係、産業間関係、国家間関係などである [4]。Shetty ら [5] や市川ら [6] は人で構成されるネットワークの中心性を用いて、重要人物を探すことを目的とした研究を行っている。

本研究の目的は、近年、導入が進んでいる入退室管理システムの利用データ(入退室データ)から得られる入退室履歴の情報を用いて、オフィスワーカーとオフィスワーカーを繋いだネットワークを作成し、そこから得られるオフィ

¹ 名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology
^{a)} k.morikida.314@nitech.jp

スワーカーの関係を用いて定量的にオフィスワーカーの活躍度を評価することである。

会議が企業業績の上昇につながっているなどの定量的評価を行った調査報告 [7] や社内での全体業務に占める会議時間の割合に関する調査報告 [8] より、企業における会議の重要性が注目されている。例えば、重要な会議に参加している人や、会議の回数が多い人は活躍していると考えられる。そこで、本研究では同じ会議に参加しているオフィスワーカー同士を結んだネットワークを作成し、「ネットワークの中心人物＝活躍している人」という仮定のもと、オフィスワーカーの活躍度を評価する。

ネットワークを作成し分析することの利点は、オフィスワーカー毎の属性でなく他社との関係性で活躍度を評価できる点である。また、朝日生命保険相互会社の調査 [9] によると、部下が上司に求めるものというアンケートで「正当な評価」と回答した人の割合が 50% を上回っており、多くのオフィスワーカーが正当な評価をされていないと感じていることが明らかとなっている。本研究では上司の主観的な評価とは異なり、オフィスワーカーの会議ネットワークの関係性を用いて定量的に活躍度を評価する方法を提案する。オフィスワーカーの定量的な評価が可能となれば、活躍しているが評価されていなかった、人が評価されるようになり、オフィスワーカーにとって働きやすい環境になると考えられる。

2. 関連研究

企業の入退室データを用いた関連研究及び、ネットワークの中心性から重要人物を特定する研究について述べる。

2.1 企業の入退室データを用いた研究

小島ら [10] は、近年、導入が進んでいる入退室管理システムの利用データから得られる入退室履歴の情報を用いて、オフィスワーカーの移動時間パターンを抽出を行った。

坂田 [11] らは、「会議によく参加する（招集される）人＝仕事ができる人」という仮定のもと、オフィスワーカーの新たな活躍評価として、入退室データから得られた会議室の入室回数と滞在時間を考慮した新たな指標を提案した。そして、指標をオフィスワーカーの属性毎（性別、部署など）に値を算出し傾向を分析した。

2.2 ネットワークの中心性から重要人物を特定する研究

市川ら [6] の研究では、オフィスで利用されているオフィスワーカーが予定を管理しているシステムから得られたデータ内、ミーティングとそれらの参加者の情報を用いてネットワークを作成し、固有ベクトル中心性を指標にミーティングと人のネットワークから忙しい重要人物を探すことを試みている。

Shetty ら [5] は、Enron network の E メール送受信履歴

をもとに人と人との間にリンクを張ったネットワークのグラフエントロピーによる中心性と職位とを比較している。

2.3 本研究の位置づけ

本研究では、小島らや坂田らの研究と同様に、企業内での入退室データを用いている。小島らの研究では、その中でも部屋の種類に拘らず滞在した部屋から次に滞在する部屋への移動に注目しているが、本研究では会議室の滞在に注目しているため、一部の部屋に注目すること、移動ではなく滞在に注目している点で異なる。坂田らの研究は、会議室の滞在に注目しているでは本研究と類似しているが、出勤日数に対する会議に参加した日数の割合を活躍評価の指標にしている。本研究では、同じ会議に参加していると考えられる二人のオフィスワーカーを結んだネットワークを作成し、そのネットワークから求めた中心性を活躍評価の指標としており、活躍評価として提案するものが異なる。また、坂田らの研究では、オフィスワーカー個人の情報を用いているが、本研究ではオフィスワーカーの繋がりを用いているため、個人の情報ではなく複数のオフィスワーカーの情報から活躍指標を提案しているという点が異なる。また、市川らの研究では、オフィスで利用しているオフィスワーカーが予定を管理しているシステムから得られるデータ、Shetty らの研究では、Enron network の E メール送受信履歴のデータからネットワークを作成しているが、本研究では入退室管理システムという多くの会社に導入されている装置から得られるデータを用いてネットワークを作成している。

3. 入退室データの構造

3.1 本研究で用いた入退室データ

本研究では、愛知県名古屋市の協力企業から頂いた 2016 年 4 月 1 日から 2017 年 3 月 31 日の一年間の入退室データを用いる。頂いた入退室データの会議室の入退室データと識別 ID に対する属性情報のデータであるマスターデータを用いた。

3.2 入退室データ説明

入退室データは（日付、打刻時間、場所、操作、識別 ID）の 5 つの属性で構成されている。日付は年月日（ex. 2016/06/20）が記載されている。打刻時間には時分秒（ex. 0:00:00）が記載されている。場所には IC カードを用いて打刻をする場所が記載してある。本研究で会議室の滞りに注目するため、7 つの会議室に関わるデータのみ抽出する。識別 ID には 10 桁の数字が記載されてある。本研究で用いた入退室データについて表 1 に示す。

3.3 データ変換

入退室データから入室と退室がセットになっているもの

表 1 入退室データ

Table 1 Entry and Exit Data

日付	打刻時間	打刻場所	操作	識別 ID
2016/6/1	0:00:00	会議室 1	in or out	9010000001

表 2 変換後のデータ構造

Table 2 Data Structure after Conversion

打刻日	入室時刻	退室時刻	滞在時間	ID 番号	部屋
2016/6/1	10:10:00	10:11:00	1	9010000001	会議室 1

を結合しその部屋の滞在時間を計算する。滞在時間を計算するには同じ識別 ID の入室時のデータと次に記録される退室時のデータがセットになっている必要がある。そのため、打刻し忘れなどにより入室記録もしくは退出記録の欠けたデータは削除した。滞在時間は (min) 単位で入室時刻と退室時刻の差を計算した値を新たに結合したデータに記録した。また、一度退室した後に 10 分以内に同じ会議室に戻ってきた場合、トイレなどの一時的な退室と考えられるため、その時間は元居た会議室に滞在していることとした。以後、この滞在時間が含まれる表 2 のデータ構造を用いて実験する。

4. 会議室の滞在に関する事前調査

4.1 会議室の滞在

図 1 に一年間の全ての会議室へのオフィスワーカーの滞在時間のヒストグラムを示す。図 1 の縦軸は頻度、横軸は滞在時間 (min) を表している。また、このヒストグラムでは、240 分、つまり滞在時間が 4 時間以上の滞在は打刻が正確にできていないと考えたため省いた。図 1 から、100 分以上の滞在はかなり少なく滞在時間が 0 分付近と 50 分付近に 2 つのピークがあることが分かる。協力企業の聞き取り調査より、会議室の滞在は、大きく分けて会議の準備を行う人と会議を行う人に分けられると推測できる。よって本研究では、0 分付近のピークは準備を行う人の滞在、50 分付近のピークは会議を行う人の滞在と仮定した。

4.2 会議室の入退室パターン

図 2 と図 3 にある 1 日の 2 つの会議室の滞在パターンをそれぞれ示す。縦軸が滞在時間、横軸が打刻した時間を表している。補助線は滞在時間 20 分を示す。また、丸が入室、三角が退室を表す。図 2 において、滞在時間が 30 分前後、時間が 9 時 30 分前後のあたりに丸が固まっており、10 時前後に三角が固まっていることが分かる。ここから、9 時半から約 30 分の会議が行われていることが示唆される。この様に、同じ時間帯に入室をし、同じ時間に退室をしている人達は同じ会議に参加していると考えられる。この様に複数人の入室と退室のセットは会議だと考えられる。そして、会議をしているであろう複数人の入室と退室

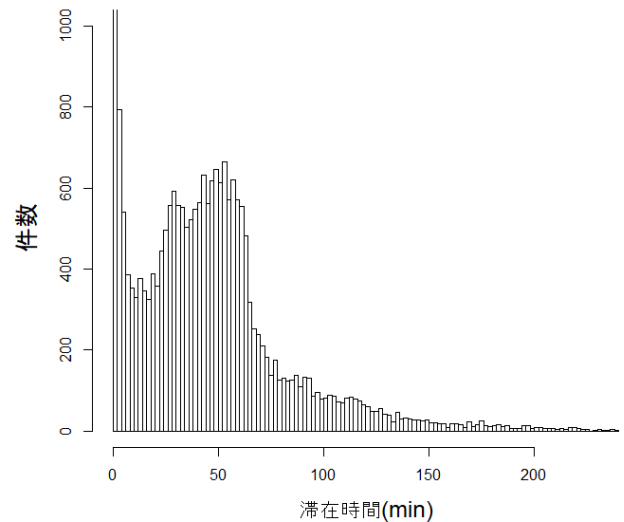


図 1 会議室の滞在時間

Fig. 1 Stay Time in Conference Rooms

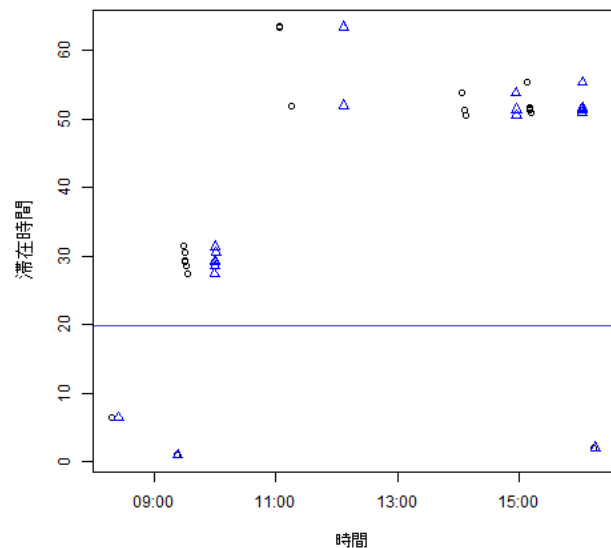


図 2 会議室の入室退室パターン 1

Fig. 2 Enter and Exit Pattern on a Conference Room

のセットを見ていくと、ほとんどが 20 分以上となっている。そのため、図 2 と図 3 より得られた情報から、本研究では 20 分を会議の準備をしている人と、会議に参加している人を分ける時間とする。また、図 3 の 14 時頃から行われている会議に注目すると、初めに入室した人と最後に入室した人の間に 20 分程度の差がある。そのため、同じ会議に参加している人同士でも入室と退室時間の差がある程度あることを考慮しなければならない。

5. 提案手法

同じ会議に参加していると推定されるオフィスワーカー同士を結んだネットワークの作成方法、およびそして活躍度を評価する指標を提案する。

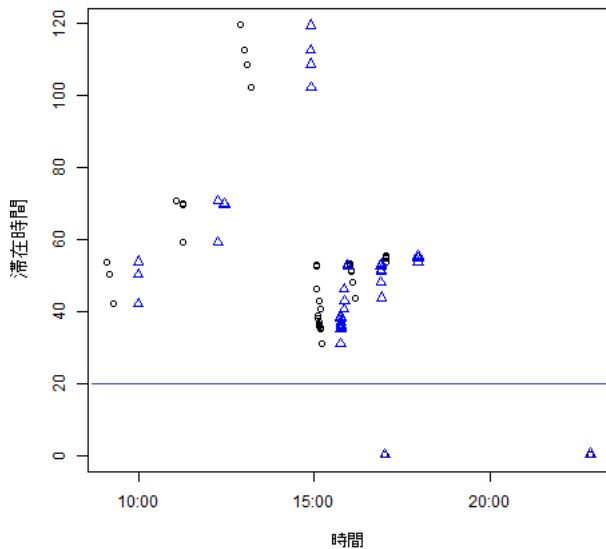


図 3 会議室の入室退室パターン 2

Fig. 3 Enter and Exit Pattern on a Conference Room

以下の条件を満たす場合に、その滞在のオフィスワーカー 2 名に該当する行列の成分に 1 を足す

- 同じ会議室に滞在している
- 滞在時間が 20 分以上
- 入室時間もしくは退室時間の差が 20 分より小さい

図 4 隣接行列の作成

Fig. 4 Create Adjacency Matrix

5.1 ネットワークの作成

ネットワークを構築する際に用いる隣接行列の作成方法を図 4 に示す。これらの条件は前節の事前調査より得た結果に基づいて設定した。

この条件で作成された隣接行列から作成したネットワークは、頂点がオフィスワーカー、辺が同じ会議に参加したかどうかを表し、辺の重みは同じ会議に参加している回数を表している。

5.2 活躍者の評価指標

会社で会議は重要な業務である。そのため、どのような会議に参加しているか、誰と会議をしているか、何回会議をしているかなどはオフィスワーカーの活躍を評価する上で重要な要素であると考えられる。そこで、それらの要素を測定するにネットワーク中心性を用いる。中心性は各頂点の重要性を評価するために用いられる指標であり、活躍を評価することに適していると考えられる。例えば、次数中心性からある頂点の人物が何人と会議をしているかが分かる。本研究で作成したネットワークは、部署ごとに固まっていると推測できるため、近接中心性が高い人は他部署の人と関わりを多く持っている人だと考えられる。媒介中心性が高い人は、部署間のハブとなっている人であると

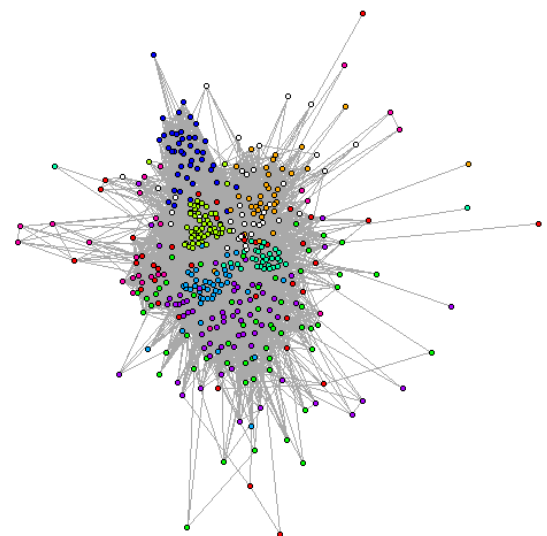


図 5 部署ごとに色分けしたネットワーク図

Fig. 5 Color Network Diagram for each Department

考えられる。基本的には部署内の会議が多いと考えられるため、他部署の人と会議を行っている人は特別な人だと考えられ、活躍している人だと考えられる。以上の理由により、本研究で作成したネットワークから算出した各中心性をオフィスワーカーの活躍指標として提案する。

6. 実験

提案した手法を用いて、ネットワークを作成する。そして、作成したネットワークを用いて部署とコミュニティの関係を調べる。また、役職と各中心性の相関を求め、各中心性がオフィスワーカーの活躍指標として有用かを確認する。オフィスワーカー 410 人のデータを用いた。

6.1 ネットワークの作成

図 5 に 1 年間の会議室の入退室データから作成したネットワークを、部署ごとに色分けをして示す。人数が 11 人未満の部署は白にしている。作成したネットワークは、重みが多い頂点を近くにプロットしている。多くの部署が近くに固まっているため、協力企業ではほとんどの会議が部署内で行われていると推測できる。また、二つの部署が混ざっていることも観測でき、それらの部署は同じ会議に参加していると考えられる。

6.2 部署とコミュニティの関係

6.1 にて作成したネットワークを用いてコミュニティ分割を行った。コミュニティの分割手法はランダムウォークを用いた。分割した結果 22 個のコミュニティに分割された。図 6 はコミュニティごとに色分けしたネットワークを

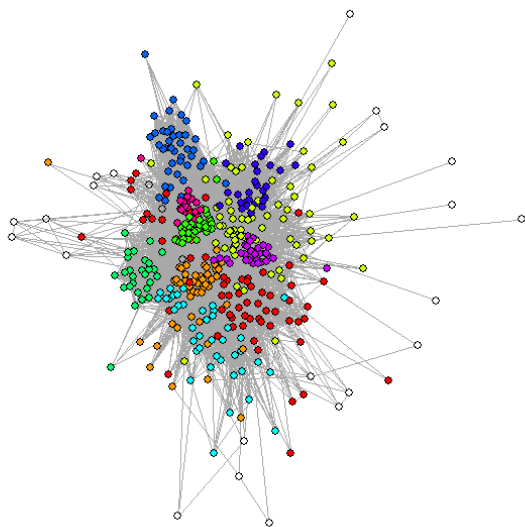


図 6 コミュニティごとに色分けしたネットワーク図
 Fig. 6 Colored Network Diagram of Each Community

表す。ただし、10人未満のコミュニティ12個はまとめて白にしてある。表3はコミュニティと部署の関係を表す。10人以上のコミュニティのみを示している。行がコミュニティ番号、列が部署を表す。コミュニティ番号は、コミュニティの人数の降順になっている。まず部署に注目する。部署B, F, Gは所属するオフィスワーカーのほとんどが一つのコミュニティに所属しているため、これらの部署は基本的に部署全体で同じ仕事を行っている可能性がある。部署CとHは大きく分けて二つのコミュニティに所属しているため、二つに分かれて仕事を行っている可能性がある。次に、コミュニティに注目する。コミュニティ3, 5, 6, 7, 8, 10はほとんど一つの部署のオフィスワーカーのみで構成されている。コミュニティ2と4に注目すると、両方とも部署DとHの人の割合がほとんどであるため、部署DとHは共同のプロジェクトに参加しているなど、何らかの関係があると考えられる。コミュニティ1はあらゆる部署のオフィスワーカーが数名ずつ所属しているので、このコミュニティに所属している人は社内の事業の中でも特に重要な会議メンバーである可能性が高い。コミュニティ1に所属している人の役職を調べたところ、役職の高い人のほとんどがこのコミュニティに所属していた。また、協力企業への聞き取り調査においても、上記傾向が同様に確認できた。

6.3 役職と中心性の相関

中心性が実際に、オフィスワーカーの活躍を表しているかを確認するために、役職と中心性の相関を調べた。相関を調べるために用いた手法はスピアマンの順位相関検定である。スピアマンの順位相関検定を用いた理由は、役職は

表 3 分割されたコミュニティに所属する部署ごとの人数

Table 3 Number of People in each Division Belonging to the Divided Community

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	10	3	1	7	1	3	2	4	5
2	6	0	0	23	0	0	0	24	6
3	1	1	0	3	1	39	0	2	1
4	0	0	0	10	0	0	0	30	0
5	0	0	0	0	0	0	40	0	0
6	1	0	37	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	1	29	0	0	0	0
8	0	28	0	0	0	0	0	0	0
9	8	0	0	8	0	0	0	2	9
10	1	0	17	0	0	0	0	0	0

階層構造で役職ごとに序列はあるが、それぞれが他の役職と比べるとどれだけ優れているかを定量的に表現することは難しいためである。8種類の順位付けのできる役職の410人のデータを用いて、役職は低い順に1から8に置き換えて実験を行った。本ネットワークは重み付きネットワークであるが、今回は辺の重みを考慮しない一般的な手法[12]、辺の重みを考慮した手法[13]、Opsahlらが提案した重みなしとありの中間の手法[14]の3種類の手法で、次数中心性、媒介中心性、近接中心性を算出し比較する。今回の実験では、役職は高い人と低い人の人数差を補正するために、ランダムに各役職の人を一人ずつ重複を許して10,000人のデータを作って、スピアマンの順位相関検定を行った。

6.4 相関検定結果

表4に各中心性と役職に関するスピアマンの順位相関検定結果を示す。全ての組み合わせにおいて正の相関があった(有位水準1%)ため、各中心性は活躍指標となり得ることが示唆された。また、各中心性毎に役職との相関に大小が見られたが、次数中心性と媒介中心性は計算方法の違いによって相関係数に大きな差は見られなかったため、活躍評価に辺の重みの影響はさほど大きくないと考えられる。つまり、本研究で作成されたネットワークの辺の重みは繋がれている頂点同士が同じ会議に参加した回数を表しているため、同じ人と同じ会議に参加した回数は活躍に影響をほとんど与えていないことが示唆された。しかし、近接中心性に関しては、重みなしと重みありの相関係数の差が0.05あったため、会議の回数が少なからず影響を与えていると考えられる。以上の結果より、中心性の中でも重みありで算出された近接中心性が活躍指標として最も有用であると言える。

7. まとめ

本研究では、ある企業の1年間の入退室データを用いた分析を行った。入退室データの中でも、特に会議室の入退

表 4 中心性と役職の相関検定結果

Table 4 Correlation Test Result between Centrality and Position

計算方法	重みなし	重みあり	重み中間
次数中心性	0.583**	0.571**	0.586**
媒介中心性	0.565**	0.585**	0.576**
近接中心性	0.629**	0.687**	0.667**

**p< 0.01

室データに注目した分析を行い、入退室データから得られた情報から社内での活躍を評価する指標を提案した。まず、会議室の滞在に関する事前調査を行い、滞在時間のヒストグラムや会議室の入室時間と退室時間、滞在時間の関係性から会議に参加している人の推定を行った。その後、同じ会議に参加していると推定されるオフィスワーカーを繋いだネットワークを作成した。作成したネットワークから得られる中心性を活躍を評価する指標として提案した。中心性が活躍を評価する指標であるかを検証するために、中心性と役職を用いて相関検定を行った結果、各中心性で、ある程度の正の相関が見られ、特に近接中心性と役職の正の相関が高いという結果が得られた。

8. 今後の課題

本研究では、会議に参加している人の推定に関わるパラメータを、ヒストグラムや会議室の入室時間と退室時間、滞在時間の関係性から視覚的に判断しているため、定量的に推定するべきであると考えます。また、本研究では1年間のデータを用いて活躍を評価しているが、その期間には検討の余地がある。また、本研究では会議を行っている時間を考慮していないが、会議時間の長さによって会議の重要性が異なる可能性も考えられるため、今後会議時間を考慮する必要もある。

謝辞 本研究を進めるにあたり、入退室データを提供して頂いた協力企業に感謝の意を表す。また、本研究はJSPS 科研費 JP18K18160 の助成を受けたものである。

参考文献

[1] 鈴木敬, 相蘭敏子, “交通 IC カード利用履歴を用いた生活行動属性指標の提案”, 信学技報, IEICE, Technical Report, LOIS2011-84, 2012.

[2] 嶋本寛, 北脇徹, 宇野伸宏, 中村俊之, “IC カード利用履歴データを用いた公共交通需要変動分析”, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.70, NO.5(土木計画学研究・論文集第 31 巻), 1.605-1.610, 2014.

[3] 佐藤雅之, 及川和彦, 永嶋規充, “入退室管理システムにおける通行履歴の応用”, 情報処理学会第 77 回全国大会, 2015

[4] 松尾豊. 「社会ネットワーク分析 輪読回」 <http://ymatsuo.com/surveySNA>, 2005.

[5] Jitesh Shetty and Jafar Adibi. Discovering important nodes through graph entropy the case of enron email database. Technical report, New York, NY, USA, 2005.

[6] ネットワークの中心性解析によってミーティング情報から人の影響力を推定する方法. 市川悠人, 石野明, 株式会社ワークスアプリケーションズ, 2018.

[7] 「社内会議」に関する調査, ジェイアール東海エージェンシー, https://www.jrta.co.jp/research/person_vol14.pdf, 2016.

[8] 「会議の革新とワークスタイル」に関する調査, NTT データ経営研究所, <https://www.keieiken.co.jp/aboutus/newsrelease/121005/>, 2012.

[9] 「働き方意識調査アンケート」調査結果朝日生命保険相互会社 <https://www.asahi-life.co.jp/company/pressrelease/20171030.pdf>, 2017.

[10] 小島世大, 石樽隼人, 坂田美和, 武藤敦子, 森山甲一, 犬塚信博. オフィスワーカーの入退室データを用いた移動時間パターン分析. 第 32 回人工知能学会全国大会, 2018.

[11] 坂田美和, 小島世大, 森木田一真, 武藤敦子. 行動履歴の定量的分析によるオフィスワーカーの活躍評価. 第二回計算社会科学ワークショップ, 2018

[12] 鈴木努. 「R で学ぶデータサイエンス 8 ネットワーク分析」 共立出版株式会社. 2009.

[13] Linton C. Freeman. The Development of Social Network Analysis: A Study in the Sociology of Science. Book-Surge, North Charleston, SC, 2004.

[14] Tore Opsahl, Filip Agneessens, John Skvoretz. Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. Social Networks 32, 2010.