リスク工学グループ演習 研究成果報告書

Vol. 12

平成 29 年 2 月

筑波大学大学院システム情報工学研究科 リスク工学専攻



巻頭言

今日、私たちの生活は、航空機や自動車などの移動体や巨大システムの事故、都市・地域災害の発生、個人情報の盗用や電子的詐欺など、さまざまなリスクに囲まれています。 リスク工学専攻は、このような多様なリスクを科学的かつ工学的な方法により解明できる 高度な技術をもち、実社会で活躍できる高度専門職業人の養成を目的としています。

この目標を達成するためには、リスク解析・評価のための基礎理論や関連情報処理技術の習得がもちろん必要です。しかし、それにも増して重要なのは、現実のリスクに関連する問題について豊富な知識と関心を持ち、これらの問題に対して広い視野と強いリーダーシップをもって、問題設定から工学的手段による解決までの一連のプロセスを理解し、プロジェクト運営能力を発揮して具体的な解決手段を考案・開発できる能力を身につけることです。

リスク工学専攻では、こうした能力を養成するために「リスク工学グループ演習」という科目を必修科目として開設しています。この演習において、博士課程前期の1年次生は3名から4名のグループを組んでプロジェクト型研究を行います。4月から11月までの半年間をかけて学生が主体的にテーマおよび目標を設定し、週1回程度のミーティングを行いながら研究を進めます。そして、本専攻に所属する学生が学年横断的に参加する演習で口頭やポスターによる発表会を行い、報告書にまとめます。

参加する学生の視野を広げるために、研究テーマは原則としてグループ員学生の専門分野以外から選ぶようにしています。そのため、最初は分野の違いに戸惑う学生も少なくありません。しかし、学生の熱意とアドバイザー教員の指導によって得られる成果は通常の授業のレポートの域をはるかに超え、関連学会で発表するに至るものもあります。

グループ演習の発表会は公開講演会として実施しています。演習の最後となるポスター発表ですが、昨年度までは学園祭に来場した一般の方々に向けたポスター発表展として開催していました。今年度は、専攻の修士学生全員と教員が参加した本格的な発表会とし、研究発表における実践的な訓練の場としました。このポスターは、その後、本学総合研究棟Bの7階ギャラリーにおいて常設展示されています。

このように、グループ演習は本専攻での教育活動における重要な特色の一つとなっています。

本報告書は平成28年度に実施したグループ演習の成果をまとめたものです。学類(学部) 学生のみなさんはもとより、他専攻・他研究科の院生や教員の皆様にも本専攻の教育活動 の一端をご覧頂きたいと思います。本専攻のホームページには、最終発表会における発表 スライドも掲載しております。是非ご一読いただき、リスク工学専攻の研究・教育活動に ご興味を持っていただければ幸いです。

平成29年2月

リスク工学専攻長 リスク工学グループ演習 世話人 リスク工学専攻 広報委員会

鈴木 勉 羽田野祐子、鈴木研悟 西出隆志

内容

- 1班 筑波大学における感染症リスクの視覚化
- 2班 流行性耳下腺炎(おたふくかぜ)に着目した流行周期とその要因に関する分析
- 3班 自転車運転者の危険走行に対する意識調査・危険走行の減少を目指して・
- 4班 CSR の不足した企業の特徴分析
- 5班 2016 年熊本地震における道路ネットワークの渋滞状況の観測と定量的評価
- 6班 施設毎の需要特性を反映した省エネ計画に向けた筑波大学の電力消費パターン分析
- 7班 民意を反映した投票制度の検討と提案
- 8班 為替相場におけるテクニカル分析の有効性の検証 -移動平均線(GC, DC)を対象として-
- 9班 公衆 Wi-Fi のリスク認知に関する調査分析と安全利用に向けた検討

筑波大学における感染症リスクの視覚化

リスク工学グループ演習 1 班 伊藤成彦 大金誠 小嶋陸大 魏丹 アドバイザー教員 高安亮紀

1. 背景

人類にとって、健康を維持し続けることは大きな課題である。一方で移動手段の発達により、人の移動が活発になり、感染症の被害も拡大するリスクが増大している。人類に大きな被害をもたらした感染症として、SARS(重症急性呼吸器症候群)が挙げられる。SARSは、重症急性呼吸器症候群制圧宣言が出される 2003 年 7 月までに、8069 人もの感染者を出し、774 名の死者を出した [1]。

日本では、インフルエンザや風邪が毎年冬期になると全国的に流行する。また、私たちに身近なつくば市では、2005年のつくばエクスプレス開通後再び人口が増加傾向となり、2016年以降も増加すると予想されている[2]。またこれに伴い、つくばエクスプレスの利用者数も年々増加している[3]。つくば駅における、1日の平均乗車人員が2014年度には17131人であったのに対し、2015年度には17834人、2016年度8月までの速報値では18520人と年々増加している。これらのデータからつくば市における感染症のリスクは増加している。

また、本学も同様に感染症のリスクが増加している。筑波大学の学生 90 人を対象に実施したアンケートでは、20%の学生がほぼ毎日つくばセンターを利用しており、12%が週に2,3回つくばセンターを利用していることがわかった(図1)。

これらから、つくばセンターを頻繁に利用する学生は、つくばエクスプレスの利用者数増

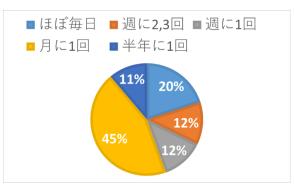


図1 つくばセンターの利用頻度

加に伴い、通学時に感染症に感染するリスクが増加している。また学校という間柄、多くの人が一箇所に集まる機会が多い。そのため、感染者がそのような場所に行くことで、さらなる感染が想定される。

また感染症を研究対象として取り扱う研究室では、文科省によって定められた基準に従い徹底した対策がなされているが、その監視の外で事故が発生してしまうリスクはゼロではない。例として2015年10月一般ごみの廃棄箇所にバイオハザードゴミ袋が廃棄されるというヒヤリ・ハット事案が発生した(図 2)。



図2 ヒヤリ・ハット事案

このように筑波大学には、学外から感染者が 侵入し、大学内で感染症が広がる「外的なリ スク」と、筑波大学内の研究室から菌が流出 し感染症が学内に広がる「内的リスク」の 2 つが考えられる。こうした実態を踏まえて、 私たちは感染症のリスクの認知が必要である と考えた。

1. 目的

筑波大学における感染症のリスクをシミュレータによって視覚的に示すことで、感染症のリスクを認知し、対策促進に繋げる。また、シミュレータの精度向上のために、筑波大学内の歩道橋などを再現することで、地理的特徴を反映する。また、シミュレータを用いてシミュレーションを行うことで、筑波大学における感染症拡大の特徴を明らかにするとともに、シミュレータの精度改善に関する今後の課題を明らかにする。

2. 実験方法

今回伝染病(感染症)の流行過程を記述する数理モデルとして、最も古典的かつ広く利用されている SIR 感染症モデルをベースとした。

2.1 SIR 感染症モデル[4]

以下のような条件を満たすモデルを構築する。任意の空間と個体について考え、個体は Susceptibles (感受性保持者 S)、Infected (感染者 I)、Recoverd (免疫保持者 R) という 3 つの状態のいずれかを取るものとする。 S は I との接触によって、ステップ毎に感染率 β で I に変化する。 I はステップ毎に隔離率 γ ・もしくは一定時間の経過に伴い R に変化する。 SIR 感染症モデルの個体数は連立常微分方程式の解として与えることができる [4]。他にも I から R への変化が存在しない (免疫を保持し得ない) SI モデル[4]や、R から一定確率で S へと変化する (免疫を失う) SIRS モデル[4]など、感染症の特性に応じた

数理モデルが提案されている。SIR 感染症モデルは連立常微分方程式の解として与えることができる。

本研究ではまず中間発表にて空間を長方形、個体を等速直線で移動する点とした SIR 感染症個体ベースモデルを Python 上で実装し、その挙動をアニメーションという形で公開した。しかし実際の個体の行動はここまで単純ではなく、複雑な動作をする全ての個体を完全にシミュレーションすることは困難である。

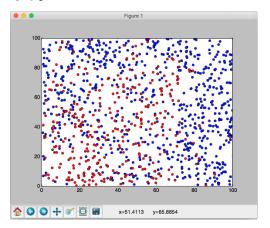


図 3 移動点を個体ベースとした SIR シミュレーション

そこで今回はより大局的な視点として、セルを個体、セルを密に敷き詰めたグリッドを空間として取り扱うような SIR 個体ベースモデルをシミュレーションした。例えばグリッド全体を居住区、セルを分割した居住エリアと仮定することで、生息する個々の人間の動作の考慮を必要とせずに、居住区全体における感染症の流行をシミュレーションすることができる。これは周囲のセルの状態によって自身の状態が変化するライフゲームと類似しており、これとの相違点は感染状態への変化が決定的ではなく確率的であることや、状態が生死の2つではなく3つであることなどが挙げられる。今回ミクロ・マクロな

範囲で SIR(S)感染モデルの動きをシミュレーションするツール「PyT-SIRS(Python Tsukuba SIR Simulator)」を実装した。以下実装に関する概要をまとめる。

2.2 PyT-SIRS について

Python、GUI は標準ライブラリとして Tkinter[5]を用いて実装した。実装上の前提 条件として、以下の2点を目標として掲げた。 ①個体数の変動が一般的な SIR モデルの理 論値に従う。②本ツールを扱ったことがない 初心者でも使えるよう、分かりやすいユーザーインターフェースを作成する(図4)。

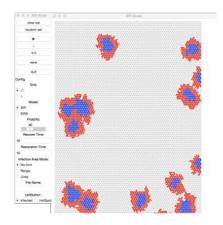


図4 PyT-SIRSの実行画面

以下に本研究で実装したシミュレータに ついての説明を記す。セル間で感染、回復が 定義されるような SIR(S)モデルのシミュレ ーションについては、隣接セル間における一 定確率βでの感染、感染セルから一定時間で の免疫獲得、及び SIRS モデル用に免疫保持 セルから一定時間での免疫損失といった3つ の状態変化を実装した。また実験時に壁や対 象範囲外を明示する状態として、Block を用 意した。次に、SIR 個体数の標準出力、出力 ファイル自動保存について、キャンバスから は分かりづらい各状態の個体数の変化を標 準出力し、またアプリケーションを終了させ てもデータが残るよう、出力を自動で保存す る。再生、停止、巻き戻しの機能については、 感染流行の様子の再確認や、異なる条件下で

の再現を可能にするため、これらの機能を実 装した。次に、セルの形状選択について、正 方形セルは実装が容易だが、角張ってしまう ためセルを小さくしてもジャギー(ギザギ ザ)が発生してしまう。そこでセルの形状を 三角形とすることで、曲面を滑らかにしつつ、 一定領域中のセル数を増やすことを可能と した。SIR、SIRS モデルの選択については、 SIR モデルと SIRS モデルを対象とする感染 症に応じて GUI から選択可能にした。また、 感染率の設定については、ステップごとに発 生するセルからセルへの感染率を最低 0%、 最大 100%として、スライドバーを用いて選 択可能にした。同様に、感染から回復まで、 免疫獲得から免疫損失までの時間設定に関 する GUI 実装 についても、Entry バーに直 接数値を入力することで、回復時間と免疫損 失時間を設定可能にした。感染可能範囲設定 ファイルの読み込みについては、SIR 感染症 モデルを検証する上では、建物・バリケード などに阻まれて状態が変化しないセルを導 入することで、より現実に即した感染シミュ レーションを検証することができる。これを 実現するため感染可能範囲の設定ファイル を事前に読み込むことで、感染可能範囲外を Block 状態に変化するような設定にした。ま た、容易な感染セル、Block の導入について は、シミュレーション前・途中でも感染セル や感染対策の Block を容易に導入できるよう、 キャンバス中のセルを左クリックで感染、右 クリックで Block 設置という設定を実装した。 局所的な高感染地域 (ホットスポット) の GUI 設定について、通常セルの感染率は一定 に保たれているが、人口密度が高いなどの条 件で、局所的なセルでは感染率の高まるケー スを想定できる。そこで GUI の設定からキ ャンバス上を自由にクリックすることで、局 所的に周囲の感染率が上昇するホットスポ

ットを設定できるようにした。

3. 結果・考察

建物の形を凹型・長型・I型の3パターンとして、感染率を10%・20%・30%・100%と変化させ実験を行った。この実験から感染は感染セルを中心として円形に広がることが確認された。感染率が低い場合、凹型またはL型の建物は長方形よりも感染しにくいことがわかった。また建物の一部では未感染となる場合があることが確認された(図5)。感染率を100%に設定した場合には、感染源から規則的に感染することがわかった(図6)。

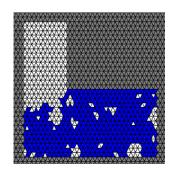


図5 L型の建物での実験結果

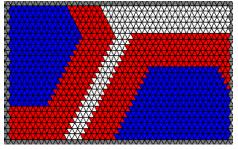


図 6 感染率 100%とした長方形での実験 次に SIR モデルを用いて、筑波大学全体を 再現し、感染率 19%、回復時間を 10 として、 実験を行った(図 7)。

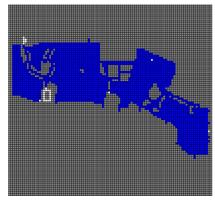


図7 筑波大学における感染症拡大のシミュレーション結果 図7から、アイソトープ環境動態研究センタ ーにあたる、図内中段左側のエリアでは感染 が起きていないことがわかる。このことから、 アイソトープ環境動態研究センターでは、感 染が起きにくいと考えられる。実際に、この 施設への人の出入りは他の施設と比較して少 ないと考えられるため、この点はうまく再現 されていると考えられる。一方で、平砂学生 宿舎のように複数の出入り口が点在している ような施設は、あるルートから感染セルが入 らなかったとしても、他のルートから感染セ ルが入ってくることがあった。このことから、 平砂学生宿舎のような複数の出入り口が点在 するような施設は、感染症リスクが高いこと が今回のシミュレーションから確認された。 これは、我々の直感と一致する。同じマップ を使用しSIRSモデルを用いて、感染率19%、 回復時間を 10、免疫損失時間を 10 として実 験を行った。この実験では、一の矢や平砂学 生宿舎のような通路が入り組んでいる場所で、 感染セルが免疫を獲得し、免疫を失うと再び 感染する、定常状態が発生した。

次に、総合研究棟 B の一階フロアを再現し、 実験を行った。まずは、感染率を 10%と仮定 し、実験を行った。感染源が自動扉の入口付 近に 1 人いる場合を想定してシミュレーショ ンを行うと、入口に近い空間、例えば、北側 の自動扉であれば、自動販売機のあるスペー スや SB0112-1 の教室などへの感染の拡がり がみられるが、建物中央付近で感染の拡がり が収束することが確認できた(図 8~10)。

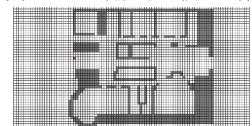


図8 感染率10%,初期感染源1人:初期

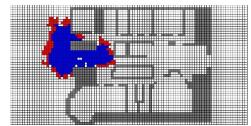


図 9 感染率 10%, 初期感染源 1 人:途中

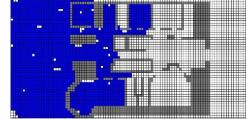


図 10 感染率 10%,初期感染源 1 人: 最終

次に、感染源が同一の自動扉の入口付近に 2 人いる場合では、ほぼ全ての場所に感染が拡がっていき、別々の自動扉の入口付近に 1 人ずついる場合にも同様にほぼすべての場所に感染が拡がることが確認できた(図 11~13)。

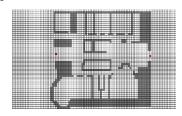


図 11 感染率 10%, 初期感染源 2

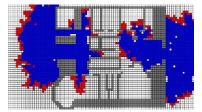


図 12 感染率 10%, 初期感染源 2人:

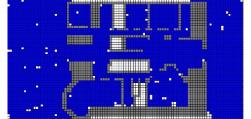


図13 感染率10%,初期感染源2人:最終

次に、特定の空間に一度に多くの人が集ま

ることの多い教室を感染しやすいホットスポットとし、感染源が自動扉の入口付近に 1人いる場合をみてみると、ホットスポットを指定しない場合に比べて、感染範囲が拡がり、ほぼ全ての場所に感染がみられ、ホットスポットである教室内ではより急速に拡がりをみせることが確認できた。感染源が 2人いる場合でも同様にほぼ全ての場所での感染が見られ、1人に場合に比べると、拡がりが速くなった。

前述までは初期の感染源が建物内にいる場合を想定していたが、総B棟の建物の外に感染が1人いる場合を想定してみる。常に自動扉が開いている状態を仮定すると、総B棟から離れた場所にいても、建物内への感染の拡がりが見られた。

続いて感染率を20%と仮定し上記と同様の実験を行った。その結果、感染源が1人であっても、感染率10%の場合と比べて、早い時間で感染が拡がり、ほぼ全ての場所で感染がみられる。当然、初期の感染源が2人であった場合や、ホットスポットがある場合には、さらに速い広がりが確認できた。

4. 結論

施設への入り口が複数あり、それらが点在するような施設では感染症のリスクが高い。このことは、筑波大学全体を再現し行った実験で、平砂学生宿舎や一の矢学生宿舎のような施設への入り口が複数あり、それらが点在するような場所では、あるルートでは感染が収束してもそのたのルートから感染が起こるという状態が観測されたことからわかった。また SIRS を用いた実験では、複数のルートから感染セルが侵入するため、感染が収束しない定常状態になることがわかった。

初期感染セルの数と建物の空間的特徴によって感染の広がり方は変化する。これは、総合研究 B 棟 1 階での感染症拡大のシミュレー

ションの結果、初期の感染源が1人である場合には、感染の広がりは建物全体の半分ほどで収まったが、初期の感染源を2人にしたり、教室をホットスポットと仮定したりした場合には、ほぼ全ての場所への感染の広がりが確認されたことからわかった。

今回行った実験で共通して言えるのは、

初期感染セルの数と建物の空間的特徴によって感染の広がり方は変化するということだ。 初期感染セルはその周囲にどれだけ感受性保持セルが存在しているかによって広まり方が大きく異なる。そのため対処ではいち早く感染源を特定し、その地点から直ちに避難・もしくは適切に封鎖することで、感染を効率よく防止する可能性が高まることが示唆された。今回の実験では自動扉、教室の入口が常に開いている状態を仮定したが、特に教室については必要が無ければ扉を閉じていることで、無用な感染の拡がりを抑制できると考えられる。

最後に、PyT-SIRS 実装の観点から考察する。 まず上記で掲げた実装目標の達成について考察する。第一に、SIR 感染症モデルで記述される個体数のグラフと、PyT-SIRS で記録した個体数のグラフについて検討すると、自明ではあるがこれらはほぼ同型の形を取ることが分かる。すなわちこれは個体ベースでの実験結果をモデルが正しく予測していることの実証でもある。また PyT-SIRS の個体数に生じるグラフのゆらぎは、感染率によるランダム要素と設定した感染可能範囲(建築物・エリア)の特性という、最適化された数理モデルでは現れにくい特性を反映していることが分かる。

第二に GUI については、概ね予定通りの機能を全て導入しつつ、ラジオボタンやボタン、入力バー、スクロールというどれも直感的に理解しやすい TKinter のインターフェースの

みを用いて構成することができた。これも達成できたものと見られる。以上より実装については目標を達成することができた。

また今回作成した PyT-SIRS は感染症モデルだけでなく、建物の火事や浸水などといった別の蔓延するタイプの現象へと容易に応用できることが分かる。これは数理モデルが普遍的なものであることによる利点である。

5. 今後の課題

現在、地図の作成は Excel を用いて手動で行われている。より、ユーザ使いやすいシミュレータにするためには、この処理の自動化が必要であると考える。また、筑波大学以外の地図を用いた実験を行う必要がある。加えて、パラメータを適切に設定するための方法についても考える必要がある。

参考文献

[1] つくば市の人口分析状況:

https://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps_data/_material_/_files/000/000/018/320/220jinkoudoukou.pdf

[2] 重症急性呼吸器症候群(SARS)関連情報:

 $\frac{\text{http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekkaku-k}}{\text{ansenshou}05/03.\text{html}}$

[3] つくばエクスプレス 乗車人員:

http://www.mir.co.jp/company/number.html

[4] 伝染病(感染症)のモデル:

http://gi.ics.narawu.ac.jp/~takasu/lecture/global/ H22-global-8.pdf

[5] Python Official "Tkinter"

https://wiki.python.org/moin/TkInter

流行性耳下腺炎(おたふくかぜ)に着目した流行周期とその要因に関する分析

平成28年度リスク工学グループ演習第2班 大井祐介 小西将貴 佐々木洋典 豊田健志 指導教員 イリチュ美佳

1. 背景

1-1 **2016** 年における日本でのおたふく風邪の 流行

平成 28年に入ってから流行性耳下腺炎,いわゆるおたふく風邪が流行の兆しをみせている.大きな流行は 2010 年以来 6年ぶりであり、今年は 6~7月が最も流行するといわれている.図-1 は 5月中旬の,都道府県別のおたふく風邪の流行の様子を表した地図であり,秋田県などを初めいくつかの県では 5月の時点で既に本格的な流行が始まっており、9月末の時点でも本格的な流行が10もの県で続いている.



出典: http://kansensho.jp/pc/ 図・1:2016 年 5 月第 3 週の おたふく風邪の流行の様子

1-2 おたふく風邪とは

おたふく風邪とはおたふくかぜウイルスに感染することで発症する「感染症」の1種で、唾液腺でウイルスが増え、飛まつや接触によって他の人へと感染する。2~12歳の子供への感染が一般的だが、大人になっても罹る病気であり、大人が感染した場合には、子供が感染した場合と比べ症状が重くなる場合が多いと言われている。潜伏期間は2~3週間ほどであり、症状が現れる1週間前から発症後9日ごろまでの約2週間の間、他の人への感染力を持っている。症状として耳の下の唾液腺の耳下腺が腫れて痛くなること、また熱や頭痛・倦怠感も腫れと共に見られる。しかし、一度かかると免疫が得られて、一生罹らなくなると言われている。

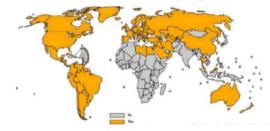
一方で、おたふくかぜが怖い理由として、「合併症」のリスクが挙げられる。例えば10人に1

人という高い割合で起こる「無菌性髄膜炎」から 「脳炎」や「難聴」,思春期以降に感染した男性 の中では「男性不妊症」になってしまう場合も報 告されている.難聴や男性不妊症はおたふく風邪 自体が治った後でも後遺症として残ってしまう ことがあり,成長してから感染すると合併症の種 類や症状も変わるという特徴がある.

おたふく風邪自体を抜本的に治療する薬は存在せず、症状が治まるまで、頭痛薬などを服用して、静養し、外出を控えることで他者への感染による被害の拡大を防ぐことができるからである、また、ワクチンを接種することによって感染をほぼ未然に防ぐことが可能だが、日本国内でのワクチン接種は任意で行うこととなっており、接種が義務化されているわけではないのが現状である.

1-3 世界におけるおたふく風邪の現状

WHO ではおたふく風邪を撲滅可能な疾病であるとしている[6].また,2012 年時点では世界 120ヶ国でワクチンの定期接種化がなされている(図



-2 参照,オレンジが定期接種国,灰色が任意接種国)一方で、日本等一部の国では前述の通り、ワクチンの接種は任意となっている.

出典: WHO, Immunization surveillance, assessment and monitoring 図-2:おたふく風邪ワクチン定期接種国 及び任意接種国

1-4 日本におけるおたふく風邪の現状

日本では約4年周期で流行者が増える傾向にあり、図-3によると、近年では2001~2002年、2005~2006年、2010~2011年の期間に感染者が増加している。これには日本ではワクチンが定期接種でないために発症率を抑制できていないことが原因として挙げられる。

日本でもおたふく風邪のワクチンは一時期定期接種になっていたが、無菌性髄膜炎の発症率

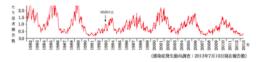


図-3:おたふく風邪感染者報告数の推移 (1982 第1 週~2013 年第27 週)

が問題となった影響で、4年ほどで任意接種に 戻されており、現在の国内の子供のワクチン接 種率は30%ほどとなっている。他国と比べ初感 染の高齢化とそれに伴う症状の悪化が懸念され ている

表-1:日本におけるおたふく風邪ワクチンの歴史

年	出来事					
1981	国内でおたふく風邪ワクチンが市販					
	されたことによって任意接種が開始					
1989	国内にて					
	MMR(measles-munps-rubella)ワク					
	チンによる定期接種開始					
1993	MMR ワクチンによる無菌性髄膜炎の					
	発症率(0.08%)が問題となり定期接種					
	が中止、任意接種に					

2. 目的

1-4 で述べたとおり、おたふく風邪の流行には周期性があるものの、この周期性の要因となるものは今現在明らかになっていない。そこで、今回の演習では、A. 都道府県別の感染者報告数を用いてスペクトル解析と非階層的クラスタリングによって都道府県別のおたふく風邪の感染の周期性やその違いを把握し、B. 都道府県別年度ごとの気象データなど、周期性の原因として考えられる要因について階層的クラスタリングを行い、C.A・Bを基におたふく風邪とその要因との関連について検討する. 以上3点を目的として調査・分析を行う.これらの結果によって、将来突発的に起こり得る流行への注意喚起への一助としたい.

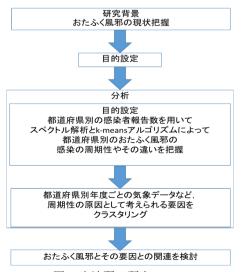


図-4:本演習の研究フロー

3. 調査方法

- 3-1スペクトル解析及び非階層的クラスタリング に寄る感染症流行課程の観測
 - 1)スペクトル解析による流行過程の観測 時系列データの解析を行う上で,その中の 周期成分を明らかにすることは重要である. 周期成分を明らかにするために有用なのが, スペクトルである. 算出式は元データをフー リエ変換したもの, つまり,

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i\omega t}dt$$

と定義される $X(\omega)$ について、

$$S(\omega) = \lim_{T \to \infty} \frac{2\pi |X(\omega)|^2}{T}$$

となる $S(\omega)$ によって表される. フーリエ変換は ランダムな時系列データから周期成分を取り 出すが、スペクトルは、どの周期成分が支配的 であるかを示すために、振幅の大きさに注目し たものである

2) 非階層的クラスタリングによるおたふく 風邪感染者報告数推移の詳細な分類

1)の結果を受けて、非階層的クラスタリングを用いておたふく風邪感染者報告数の推移が似通った都道府県を分類する. 具体的には2000年から2015年の全国の感染者報告数について、4,5年の周期のピークを取る年月に注目する. 全国の感染者報告数の時系列データを見ると2000年から2015年の間に3度周期のピークが現れるため、周期のピークを取る年月データを3つ取得する. 全国の感染者報告数は都道府県の感染者報告数の和であるが、これについてピークを取ると、感染者報告数の多い県の影響が強く、その件の流行周期に引っ張られると考える. そこで、A 県の x 年 y 月のデータを

A県のx年y月の感染者報告数

2000年から2015年までのA県の累計感染者報告数 のように正規化して、全ての県の影響を一定にする。このデータについて都道府県の和を

とり、全国データとする. 全国データについ

て3度のピークを取る年月を算出したところ, 2001年12月, 2006年6月, 2010年7月に流行のピークを取ることがわかった。そこで, これらの年月の都道府県別データを取り出し, 非階層的クラスタリングの一種である K-means アルゴリズムを行うことで, 都道府県ごとの流行周期の類似性を明らかにする。 クラスタリングでも,式(1)で正規化した感染者報告数データを用いる. K-means アルゴリ

ズムについては以下に示される.

(K-meansアルゴリズム)

Step1.

c個のクラスタ中心あるいは,初期分割をランダムに与える.

Step2.

各データを最も近いクラスタ中心のクラスタ に割り当てる.

Step3.

全ての対象の割り当てが一つ前と変わらなければ終了. それ以外の場合, 各クラスタの重心を中心として**Step2.**, **Step3.** を繰り返す.

- 3-2 階層的クラスタリングによるおたふく風邪 の周期流行要因の解析
 - 1) 階層的クラスタリング

クラスタリングとはその各々データがどの グループに属しているかわからないデータ群 をいくつかのグループに分ける手法のことで ある.クラスタリングは階層的クラスタリング と非階層的クラスタリングに分けることがで きる.本研究では、非階層的クラスタリングと 比較して、クラスタ分類過程を考察しやすい階 層的クラスタリングを気象データの分類に採 用する.階層的クラスタリングでは、要素一つ ひとつをクラスタとみなし、クラスタのうち最 も類似度の高い組をひとつのクラスタとする ことを繰り返し行い、クラスタリングを行う. アルゴリズムを以下に示す.

<階層的クラスタリングアルゴリズム>

Step1.

個々の要素をクラスタとし、Xの全ての要素に対して、

$$G_i := x_i, s(G_i, G_j) = s(x_i, x_j)$$

 $1 \le i, j \le n, i \ne j$
 $c := n$

とする.

Step2.

Gの中から最も類似度が高いクラスタ対 (G_q,G_r) を見つけ結合し新しく出来たクラス タをG'とする.

$$s(G_{\alpha}, G_{r}) = \max s(G_{i}, G_{i})$$

さらに、 G_q , G_r をGから取り除き、GにG'を追加する。

最後にC := C - 1としクラスタの数を一つ減らす.

C = 1であれば終了.

Step3.

すべてのクラスタの類似度 $\mathbf{s}(G_i,G_j)$ を再計算する.

ただし、 $G_i \neq G_j$, G_i , $G_j \in G$ 以降、C = 1となるまで**Step2**. と**Step3**. を繰り返す. ただし、 $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ を個体の集合とし、個体x, y の類似度s(x, y)は定義されているとする。また、Gをクラスタの集合とし、クラスタ G_i, G_i の類似度を $s(G_i, G_i)$ とする.

Step3. においてクラスタ間の類似度を再計算する際にいくつかの方法があるが、本研究で採用した最長距離法では、クラスタ間の類似度を下記の式のように定義する.

$$s(G_i, G_j) = \max_{x \in G_i, y \in G_j} d(x, y)$$

なお、d(x,y)はxとy の非類似度とする.

3-3 使用データ

1) おたふく風邪

本研究では、国立感染症研究所(NIID)から 公表されている感染症発生動向調査週報 (IDWR)の 2000 年第 1 週から 2015 年第 52 週までの流行性耳下腺炎(おたふく風邪)感染 者報告数のデータ[4]を利用した.

2) 気象系データ

湿度・降水量・気温など気象系に関わるデータは気象庁の HP にある過去の気象データダウンロードサービス[5]から引用した.

4. 結果

4-1 スペクトル解析による感染症の流行周期の 把握

スペクトル解析の結果, おおよその県で5年の周期性が示された(例:新潟県(図5,6)). 一方で,福島,福井,岐阜などいくつかの県では4年間の周期が示された(例:福島県(図7,8)). また,4.5年の周期性や周期が明確に現れていない県が存在することがわかった(例:富山県(図9,10)). 県ごとのデータをプロットし,比較した結果,山梨県や福井県,沖縄県などでは,他県と比べて増減のスピードが速く(図11),ピークが鋭いことが示唆された. 逆に群馬県や愛知県では慢性的に患者が存在することが観察できる(図12). 2008年に着目すると全国的に感染者報告数は少ないが,長崎県,群馬県,秋田県では流行していることがわかる. (例:秋田県(図13))

以上の結果から、全国的な周期は約5年であるが、県によって流行周期が異なること、明確な周期性がない県が存在することがわかった。また、周期はおおよそ一致しているが、増減のしかたが異なる県が存在することがわかった。

この結果を基に非階層的クラスタリングを行った 結果,5つのクラスタに分類することができた.

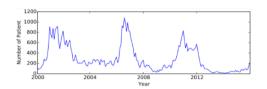


図-5:新潟県のおたふく風邪感染者報告数の推移

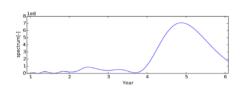


図-6:新潟県のスペクトル解析結果

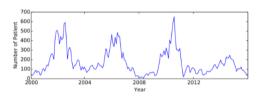


図-7:福島県のおたふく風邪感染者報告数の推移

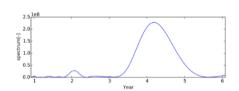


図-8:福島県のスペクトル解析結果

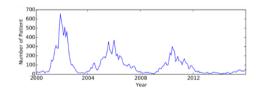


図-9:富山県のおたふく風邪感染者報告数の推移

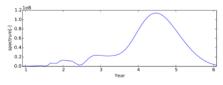


図-10:富山県のスペクトル解析結果

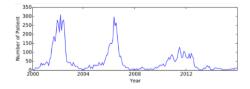


図-11:山梨県のおたふく風邪感染者報告数の推移

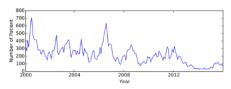


図-12:群馬県のおたふく風邪感染者報告数の推移

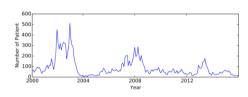


図-13:秋田県のおたふく風邪感染者報告数の推移

4-2 階層的クラスタリングによるおたふく風邪 の周期流行要因の解析

4-1 の結果を基に、感染者報告数について階層的クラスタリングを行い、県ごとの流行の特徴をより正確にとらえる事とした。降水量に基づいて階層的クラスタリングを行った結果を図-14に示す、(スペースの都合上 p6 に記載)

都道府県名の色が同じものはおたふく風邪の 増減の様子が似通った都道府県の集合であることを示しており、また、クラスタリングの結果が 近い場所にある都道府県は降水量の様子が似て いることをそれぞれ示している.

図・14によると、緑色にカテゴライズされた県の多くが左側のクラスタに配置されており、これらの県は降水量とおたふく風邪感染者の増減の様子が似通った県であることを示唆している.

また紫色の県の多くが中央のクラスタに分類 されており、これらの県も降水量とおたふく風邪 感染者の増減の様子が似通った県であることを 示唆していると言える.

一方で湿度や気温についてクラスタリングを 行った結果は降水量と比べ、はっきりと関連があ ると思われる結果は見られなかった.

5. まとめ

4-1 の結果から、流行周期は全国で一様ではなく、 都道府県によって異なる周期を持っていることが 示唆された. また 4-2 の結果から、特に九州地方 北部においては、降水量がおたふく風邪の流行の 要因として影響を及ぼしている可能性が同時に示 唆された. 図-15 に長崎県における降水量とおたふく風邪



図-15: 長崎県におけるおたふく風邪感染者報告 数と降水量の推移

の感染者の推移を示す.これによると,感染者報告数が多い時には降水量も多いことが示されており,降水によってウイルスの拡散が起こっている可能性があることが示された.しかし,降水量が多いとき全てにおいて感染者報告数が増えているわけではなく,その他の要因が関係していることがあることが分かった.

5-1 今後の課題

今回は日本国内の都道府県ごとに、湿度、気温、 降水量それぞれについてクラスタリングを行っ た.一方で関連があると見られるのが降水量のみ となった.

また、降水量が多いとき全てで感染者報告数が増えているわけではなく、降水量だけでなくほかの要因が同時に影響していることが考えられる。今後は日本国内のみならず他国との比較、また様々な要因も考慮したクラスタリングを複合的に行うことによって、より具体的な関連を観測することが課題として挙げられる。

■参考文献

- [1] ホントに必要?おたふくかぜワクチン http://www.jspid.jp/journal/full/02604/0260 40509.pdf
- [2] 妹尾小児科
 - http://senoopc.jp/vaccin/mumQA.html
- [3] 医療法人社団 俊智会 みやたけクリニック http://www.miyacli.com/vaccine/aboutvm.html#aboutmumps
- [4] NIID 国立感染症研究所 http://www.nih.go.jp/niid/ja/mumps-m/mu mps-iasrtpc/3834-tpc402-j.html
- [5] 気象庁 HP http://www.jma.go.jp/jma/index.html
- [6] "Mumps virus vaccines", WHO position paper. Weekly Epidemiological Record, 36 82:50-59, 2007

 http://www.who.int/wer/2007/wer8207.pdf?

 ua=1
- [7] おたふくかぜワクチンに関するファクトシート,国立感染症研究所(2010/07/07) http://www.mhlw.go.jp/stf2/shingi2/2r98520 00000bx23-att/2r9852000000bybc.pdf
- [8] WHO vaccine-preventable diseases

- monitoring system 2009
- http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70535/1/WHO_IVB_2010_eng.pdf
- [9] メルクマニュアル医学百科
- http://merckmanuals.jp/home/index.html
 [10] 9]utuyo のハテナノート「おたふく風邪の潜 伏期間は?感染力や感染経路は?」 http://utuyoiro.net/1929.html
- [11] 土浦協同病院なめがた地域医療センター「おたふくかぜについて」 http://www.ndgh.jp/shinryo/syounika03_05. html
- [12] The Korean Society of Infectious Diseases and Korean Society for Chemotherapy http://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.3947/ic.2015.47.1.1&vmode=PUBREADER
- [13] 日野幹雄(2012), スペクトル解析新装版, 朝 倉書店 pp.20-22
- [14] 宮本定前(1999), クラスター分析入門, 森北 出版株式会社
- [15] Emonn J. Keogh, Michel J. Pazzani: "Scaling up Dynamic Time Warping for Datamining Applications", Proceedings of the sixth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. ACM, 2000. pp.285-289
- [16] Kruskall J. B. & Liberman M. The symmetric time warping algorithm: From continuous to discrete. In Time Warps, String Edits and Macromolecules. Addison-Wesley. 1983. pp.125-161
- [17] W. O. Kermack, A. G. McKendrick, 1927. A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics, Proceedings of the Royal Society pf London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character, Volume 115, Issue 772, 700-721.DOI: 10.1098/rspa.1927.01

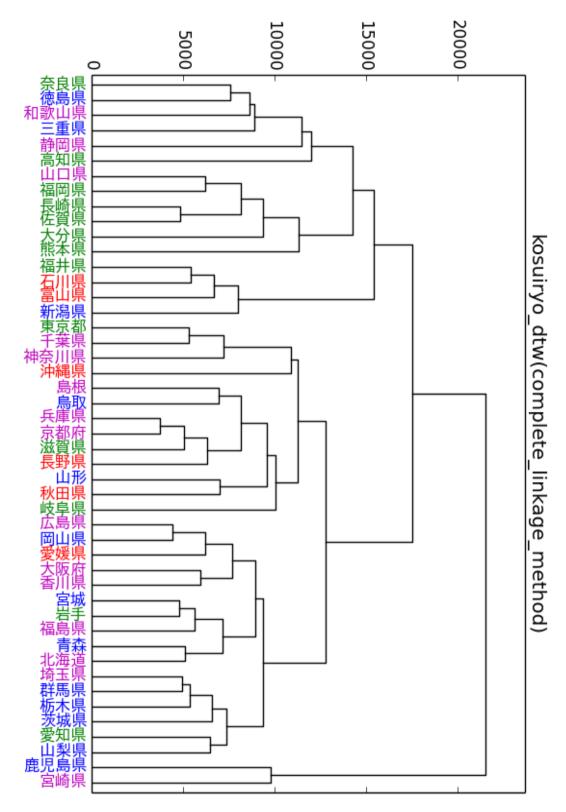


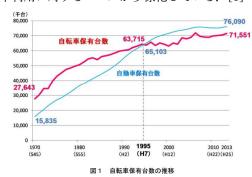
図-14:階層的クラスタリングの結果

自転車運転者の危険走行に対する意識調査 -危険走行の減少を目指して-

小宮賢祐 寺尾友貴 原悟 孔辰 (アドバイザー教員:伊藤 誠) 平成 28 年 10 月 21 日

1 背景・目的

近年,日本における自転車保有台数は増加傾向にあり,国土交通省道路局のデータによると,2013年時点で約7,200万台と自動車保有台数と同程度となっている(図1)。自転車は、買物や通勤・通学等日常生活のほか、サイクリング等のレジャーにおいて重要な移動手段である。また、自転車を日常的に利用する理由として、健康向上、コスト削減、ストレス解消、環境負荷軽減が挙げられる等、自転車利用に対するニーズが多様化している。[1]



しかし,近年の都市問題の一つとして,自転車利用者の違反走行による交通事故の増加などが挙げられる[2].自転車事故の実態によると,交通事故死者数に占める自転車乗用中の死者数の占める割合が増加しており,また,「自転車対歩行者」の事故件数が過去10年間で約1.3倍に増加している.特に自転車乗用者の相手当時者別交通事故件数の割合では自転車の自動車相手の事故が8割以上を占めている.

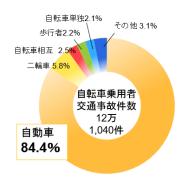


図2 対自転車乗用者交通事故件数(平成25年)

さらに、自動車利用者の自転車に対する意識としては、約7割の人が「自転車の走行位置」に対し危険を感じている。また、約4~5割の人が「自転車利用ルールの不遵守」に対して迷惑を感じたと回答している。[3]このように自動車運転者から見ると自転車の違反走行は非常に危険なものであるといえる。

2015年6月1日に施行された改正道路交通法により、悪質な違反を繰り返す運転者には講習が義務化されることが決まった。自転車の運転に関して、信号無視などの一定の危険行為を反復した者が、更に自転車を運転して交通の危険を生じさせるおそれがあると認めるときは、自転車運転者講習の受講を義務付けることとなった。

自転車違反走行の危険性を伝えるために,政府 や警察はこれまで法的整備のほかに,交通安全教 育講座や指導等を行ってきた.

そこで自転車違反走行の危険性を理解させるため に、我々は違反走行の減少を目指して自転車運転 者の意識変化に対する研究の必要があると考えた。そのため、本研究は自転車の違反走行の要因を探索して、違反走行する大学生を減らす提言の一助とする。具体的には、大学生に対して自転車違反走行の実態の調査を行い、違反走行への危険意識の把握、違反走行への抵抗感の考察、違反走行の要因と違反走行実施の関係を検討することを目的とする。

2 手法・結果

2.1 ヒアリング調査

自転車の危険運転の現状を把握するために学生 生活課へのヒアリング調査を行った.

■学生生活課への調査

調査実施日時	2016年6月13日(月)
調査対象者	筑波大学学生生活課 菊池様

調査結果

学生の自転車違反走行について,

- ・学内における事故件数は年々増加、苦情も多い
- ・無灯火, 逆走, ながら, 並走が特に多い.
- ・自動車を運転している際は特に危険に思う. 自動車に乗ってみないとわからない危険もあると思う.

という意見が得られた.

この結果より自動車を運転する人としない人の間 で自転車の危険運転に対する意識が違うのではな いかと考えた.

■学生へのヒアリング調査

以上の学生生活課でのヒアリング調査の結果を 踏まえ、さらに自転車の違反走行の実態を知るた めに学生相手のヒアリング調査を行った。実施内 容は以下の通りである。

調査実施日時	2016年6月21日(月)~24日(金)				
調査対象者	筑波大学の在学生 14名(男8女6)				

調査結果

Q. ここ 1 か月で違反した行為, および危険と思う違反走行(N=14,MA)

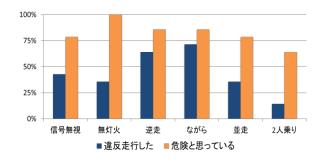


図3 違反行為および違反走行に対する危険意識

この結果から違反走行する学生は多く、危険と 思っていても違反走行をしている学生がいる.

Q. 自動車を運転の有無と危険だと思う違反走行 (N=14,MA)

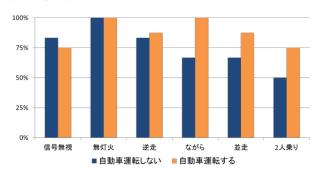


図4 自動車の運転の有無と危険意識の関係

この質問の結果より逆走,ながら,並走,2人乗りの違反走行では自動車運転する人の方が自動車を運転しない人よりも危険意識が高いという結果が得られた.

Q. なぜ違反走行をするのか、しないのか

	する理由	しない理由
無灯火	・ライトが壊れた ・ライトの付け方がわからない(中 国の自転車にはライトがない)	・他人と安全のため
逆走	・目的地に近い ・早い	・自動車のライトがまぶしい
ながら	・傘さし:移動手段が他にない ・音楽:聞きたかった ・スマホ:手持無沙汰,時計	・周囲の状況に注意するため
並走	・友達としゃべるため	・邪魔になる・車道に大きくはみ出してしまう

この結果から、自転車の違反走行において自分 の都合の優先と事故のリスクはトレードオフの関 係にあるのではないかと言える。つまり自分の都 合を優先するほど、違反走行が増え、事故のリス クが上がるといえる。

以上の結果から3つの仮説を設定した.

▶ 仮説 1

違反走行への危険認識の程度によって違反走行をするかしないかは 変わる

▶ 仮説 2

違反走行をする人は自分の都合を 優先する傾向がある

▶ 仮説3

自動車を運転する人は運転ない人と 比較して違反走行への危険認識の程 度が高い

2.2 アンケート調査

以上の仮説を検証するためにアンケートによっ て学生の実態を調査した.

実施授業内容

実施日	2016年10月11日から13日				
	工学システム学類 解析学Ⅱ(1,2,3クラス対象)				
	工学システム学類 力学Ⅱ (5,6クラス対象)				
	応用理工学類 解析学 I B				
	社会工学類 微積分				
有効回答数	2 2 5 部				

また、質問項目については、以下の通りである.

個人属性	性別・学年				
仮説1:危険意識	危険と思っているか				
以武1・厄陜忠戦	違反走行のリスク認知				
仮説 2 :自分の都合	違反走行した理由				
仮説3:自動車運転による違い	自転車以外の移動手段の利用の有無				
	違反走行に関する知識				
その他	違反走行への抵抗感				
	違反走行自転車との事故経験				

調査結果



図4違反走行の経験の有無

図4によると7割ほどが違反経験があると答えた. しかしながら、瑣末なことで厳密には違反となる ため、一定以上の自転車乗車経験があればほとん どの人間が違反行為を行ったことがあるものと考 えられる. むしろ違反行為を違反行為であると認 識できている人間の割合と捉えるべきだろう.

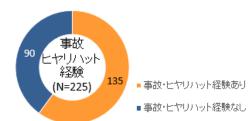


図5違反走行自転車との危険な経験

図 5 は自動車やバイクに乗っている人間が自転車との危険だと感じた経験がある割合である. これによると経験は6割ほどである. 免許を取ってそれほど日のたっていない学生を対象とした調査であるにもかかわらずこれほどの割合の人間が危険を感じたということは、それほど自転車の危険性が日常的なものであると見るべきであろう.

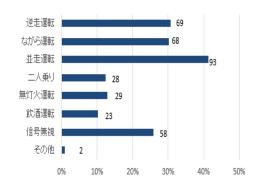


図6 経験のある違反走行の内容

図 6 は経験ある違反走行の内容である. 並走運転 の経験が 9 割以上というのは特筆に価する. 複数 人で走行していると集団意識により違反行為を行 いやすくなることが原因として考えられる.

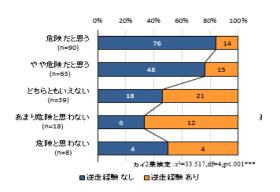


図7逆走運転への危険意識と逆走運転経験の関係

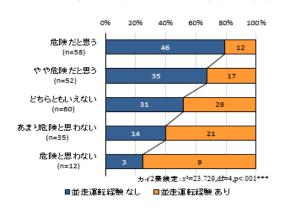


図8並走運転への危険意識と並走運転経験の関係

図7,図8からは危険意識が高い人間ほど違反行為を行わないことがわかった.このほか,「ながら運転」「二人乗り」「信号無視」についても同様の結果となった.危険意識を高めることで違反走行を減

らすことができると考えられる.

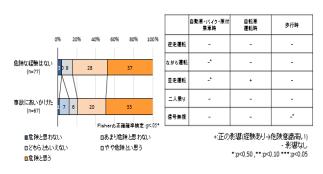


図9自動車,バイク,原動機着き自転車運転時の違 反走行自転車との危険な経験とながら運転への危 険意識

図 9 から違反走行自転車と危険な経験と、違反走行への危険意識の関係は見受けられなかった.これは、もとから危険意識が高く危険な経験にあいにくい集団と、危険な経験があって危険意識が高まった集団や危険意識が高く危険に敏感な集団がアンケート結果に逆の作用を引き起こしたことが原因ではないだろうか.

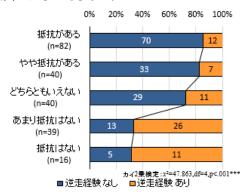


図 10 逆走運転への抵抗感と逆走運転経験の関係

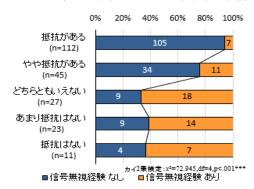


図 11 並走運転への抵抗感と信号無視経験の関係

図 10, 図 11 からは抵抗感が高い人間ほど違反行為を行わないことがわかった. このほか,「ながら運転」「二人乗り」「信号無視」についても同様の結果となった. 抵抗感を高めることで違反走行を減らすことができると考えられる.

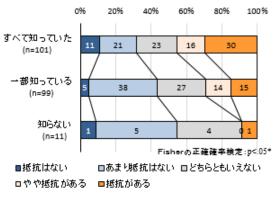


図 12 違反走行に関する法律の認知と並走運転への 抵抗感の関係性

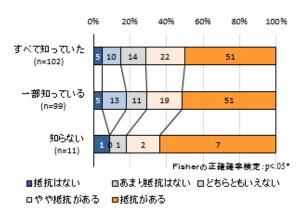


図 13 違反走行に関する法律の認知と信号無視への 抵抗感の関係性

図12から違反走行に関する法律を認知することで、並走運転への抵抗感が増すことがわかった.「逆走運転」、「ながら運転」が同様の結果であった. 図13の信号無視は知らないと回答した人のサンプル数が少ないため全て知っていたと一部知っているの回答で判断すると信号無視への抵抗感は法律の認知の影響を受けないということがわかる. しかしながら他の違反走行については違反走行であるということを認知させることで抵抗感を高めることができるものがあると考えられる.

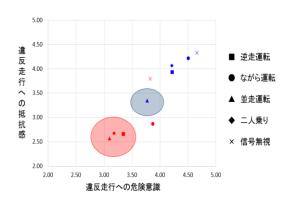


図 14 違反走行への危険の認識と,違反への抵抗感の関係性(赤が違反する人,青が違反しない人)

図14から違反の種類によって危険・抵抗の意識が大きく異なることがわかった。特に逆走、並走、二人乗りについては危険意識も違反への抵抗感も低い人が違反する傾向にあったが、信号無視に関しては違反意識、違反への抵抗感ともに高いにもかかわらず違反されていることがわかった。信号無視をするときは事故のリスクよりも自分の都合を優先する傾向があるといえる。また、並走は違反する人、違反しない人もともに他の違反走行と比べ危険意識と違反走行への抵抗感は低いといえる。そのため比較的違反しやすいものといえる。これらのことから逆走、二人乗りについては危険意識を高めることで違反の減少につながるかもしれない。

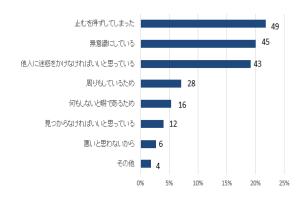


図 15 違反走行した学生の違反走行の理由

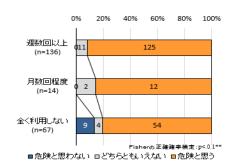
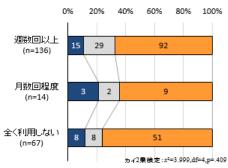


図 16 自動車の利用頻度と信号無視への危険意識



■危険と思わない □どちらともいえない □危険と思う

図 17 自動車の利用頻度と逆走運転への危険意識

図 16, 図 17 から自動車の利用頻度と危険意識にあまり影響がないことがわかった. 他の違反走行についても違反走行との関係性は見受けられなかった. 自動車の利用による違反走行への影響は確認できなかった.

3 結論・まとめ

仮説1の通り危険意識が高い人,違反運転に対して抵抗がある人ほど違反走行をしない傾向がある。そのため違反走行の減少のためには危険意識や違反への抵抗感を高めることが有効であると考える。違反走行への抵抗感を高めることに関しては違法と認知している人ほど違反走行が少ないことから違反走行が違法だということを広く認知させることが違反走行への抵抗感を高め、違反走行の減少につながると考える。仮説3での自動車運転者の方が自転車の違反走行に対して危険意識が高いということに関しては自動車運転の有無と危険意識の高さに関係性が見られなかったので、自

動車運転による自転車の違反走行の危険意識の向上には検討が必要である。また信号無視のように 危険と認知していながらも自分の都合を優先して 違反するというものもあるので一概に危険意識を 高めることが違反走行の減少につながるとは言えず、違反走行の種類の個々に関してそれぞれ対策 が必要であると考える。

4 今後の課題

本研究における今後の課題として、まず、時間や先生の都合もあってアンケートの対象が理系にかたよったこと、それに伴い回答者の多くが男性に偏ってしまった。そのためより一般的な意見を得るためにも女性や文系学生へのアンケートの実施が必要だと思われる。また違反走行の要因と違反走行実施の因果関係を探るために、各要因を含めた回帰分析の実施する必要がある。

参考文献

- [1] 国土交通省「平成 26 年度 政策レビュー結果 (評価書)・自転車交通」
- [2] 吉村 朊矩・三寺 潤・和田 章仁 (2012) 「自転車 走行時における交通ルールの

遵守実態-大都市と地方都市の比較を通して-」土木計画学研究・講演集

[3] 内閣府 「平成 22 年度 自転車交通の総合的な安全性向上策に関する調査報告書|

リスク工学グループ演習 ヒアリング調査

Q1. 自転車の違反走行として何が思いつきますか?

Q2. ここ1ヶ月のうちに、違反走行したか? したなら何をしたか?

思いついた違反走行に○を、違反したら☑	Q3. 危険と思っているかどうかについて
· □ 信号無視	思わない / 思う
・ □ 無灯火	思わない / 思う
・ □ 逆走 ()	思わない / 思う
□ ながら運転(スマホ,音楽,傘)	思わない / 思う
・ □ 並走(車道を自転車もしくはバイクと)	思わない / 思う
・ □ 二人乗り	思わない / 思う
□ その他(思わない / 思う

Q4. なぜ違反行為をしてしまうのですか? or しないのですか?

下記の4つは、違反した人にのみ聞く

例:無灯火の人に対して『なんでそういうことするの?』

<なぜするのか!?>

・無灯火	
・逆走	
・ながら運転	
・並走	
<なぜしないのか??> 全く違反走行しない人に対して	

・免許持っていない → Q8へ	
・週1日以下	
・週 2~3 日	
·週4日以上	
<自動車を運転する人のみ>	
○をつけて	
Q6. どの違反走行を危険に感じるか	Q7事故の経験、ヒヤリハットの経験
• 信号無視	• 信号無視
• 無灯火	• 無灯火
・逆走	・逆走
・ ながら運転	・ ながら運転
・並走	· 並走
・二人乗り	・二人乗り
その他(その他()
<自転車のみを運転する人>	
Q8. 自転車の違反走行を, 自動車を運転して	こいる人はどう思っていると思う?
(自由記述)	

Q10. 最後に、あなた自身のことについてお尋ねします.

<自転車・自動車運転する人の両方を対象>

Q5. 自動車はどの程、運転しますか?

Q9. 自転車を運転していて、自動車の運転で危険だと思うことはありますか?

『自転車の違反走行への意識調査』へのご協力のお願い

■ アンケート調査の趣旨について

現在、筑波大学大学院リスク工学専攻の授業「リスク工学グループ演習」を行っています。この度、筑波大生の皆さまを対象に、自転車の違反走行について危険の認識などに着目してアンケート調査を実施することといたしました。

<u>本調査で得たデータは上記の目的の演習の資料として、回答いただいた票をまとめて、集計・統計的処理を施すため、回答者様の個人が特定されること、個人の情報が流出することは決してありませんことを固くお約束いたします。</u>

■ お問い合わせ先

筑波大学大学院リスク工学専攻 グループ演習第3班班長 原 悟(s1620577@u. tsukuba. ac. jp)

指導教員:筑波大学大学院 システム情報工学研究科 伊藤誠

Q1 ここ3ヶ月で違反した違反走行に○をつけてください。

(あてはまるすべてに〇)

1. 逆走運転	4.2人乗り	7. 信号無視	
2. ながら運転	5. 無灯火運転	8. その他()
3. 並走運転	6. 飲酒運転	9. 違反走行をしていない	

Q2 Q1 に挙げている走行が、法律で禁止されていると知っていましたか。

(あてはまるものにO)

1. 知らない 2. 一部知っていた 3. 全て知っていた

Q1 で「9. 違反走行をしていない」を選択した方は Q6 に進んでください

Q3 Q1 で選択した違反走行をする頻度はどの程度ですか。

(あてはまるものに〇)

1. 毎回する2. 2,3回に1度する3. 5回に1度する4. 10回に1度する

Q4 違反走行をした理由をお答えください

1. 無意識に	5. 何もしないと暇である	
2. 止むを得ず	6. 周りもしている	
3. 見つからなければいい	7. 悪いと思わない	
4. 他人に迷惑をかけなければいい	8. その他()

Q5 今後の違反走行への考え方を教えてください

(あてはまるものに〇)

1. 絶対にしないと思う 2. しまうかもしれないと思う 3. 必ずすると思う

Q6 下記の違反走行についてどの程度危険に思っていますか、また違反走行への抵抗感はどの程度ありまか。

次の Q6-1~Q6-5 について、あてはまる番号に〇を付けてください

(各設問1つに〇)

設問項目	違反走行が危険という意識はあるか				違反走行への抵抗感があるか					
	ない ◀				ある	ない	←			ある
Q6-1. 逆走運転	1	2	3	4	 5	1	2	3	4	 5
Q6-2. ながら運転	1	2	3	4	 5	1	2	3	4	 5
Q6-3. 並走運転	1	2	3	4	 5	1	2	3	4	 5
Q6-4. 二人乗り運転	1	2	3	4	 5	1	2	3	4	 5
Q6-5. 信号無視	1	2	3	4	 5	1	2	3	4	 5

战問項目	ハて, あてはまる番号に○		わない				→ 思う
7-1. 自分が違反走行し	たら事故に遭うと思う		1	2	3	4	 5
7-2. 自転車による事故	の被害は大きいと思う		1	2	3	4	 5
違反走行に対して感り		1 12 4) - 12 7	* + \(\sigma \) \(\) \(\)	かみ 正父 ファナ			
. 事故に遭遇する可能性		4. 過去に注意		経験があ	5		
2. 周囲への注意が散漫し	こなる	5. 法律違反					
. 他人の迷惑になる		6. その他(
	動手段の利用頻度はどの程 	程度ですか? 					
设問項目 	利用頻度	14	0.4534				
№-1. 自動車	1. 全く利用しない	2. 月数回程度	. —	如程度		4. 毎日利	
			つい田米	如程度		4. 毎日利	用する
9-2. バイク	1. 全く利用しない	2. 月数回程度					
19-2. バイク 19-3. 原動機付自転車	1. 全く利用しない	2. 月数回程度	3. 週数	如程度	- `任 /	4. 毎日利	用する
09-2. バイク 09-3. 原動機付自転車		2. 月数回程度	3. 週数	如程度	こ進ん	4. 毎日利	用する
Q9-2. バイク Q9-3. 原動機付自転車 Q9 で "全て"	1. 全く利用しない	2.月数回程度 い」を <u>選択し</u>	3.週数 た方は	如程度 [Q11]		4. 毎日利 , で く †	用する
19-2. バイク 19-3. 原動機付自転車 Q9 で "全て" 0 Q9 でお聞きした乗り	1.全く利用しない	2.月数回程度 い」を <u>選択し</u>	3.週数 た方は	如程度 [Q11]		4. 毎日利 , で く †	用する
19-2. バイク 19-3. 原動機付自転車 Q9 で "全て" 0 Q9 でお聞きした乗り りますか.	1.全く利用しない	2. 月数回程度 い」を選択し	3. 週数 た方は S.自転車と	如程度 [Q11]	汝に遭し	4. 毎日利 , で く † いそうにな	用する
Q9-2. バイク Q9-3. 原動機付自転車 Q9 で "全て" 10 Q9 でお聞きした乗り らりますか.	1. 全く利用しない 1. 全く利用しない 「1. 全く利用しな 「1. 全く利用しな 「2. 事故に遭い	2. 月数回程度 い」 を選択し 違反走行をしている ハかけた	3. 週数 かた方は S.自転車と	如程度 CQ11 (: 事故・事i	枚に遭し 圣験はな	4. 毎日利 , で く † いそうにな	用する ごさし
Q9-2. バイク Q9-3. 原動機付自転車 Q9 で "全て" 10 Q9 でお聞きした乗り らりますか.	1.全く利用しない 「1.全く利用しない 「1.全く利用しな 「1.全く利用しな	2. 月数回程度 い」 を選択し 違反走行をしている ハかけた	3. 週数 かた方は S.自転車と	如程度 CQ11 (: 事故・事i	枚に遭し 圣験はな	4. 毎日利 , で く † いそうにな	用する ごさし
Q9-2. バイク Q9-3. 原動機付自転車 Q9 で "全て" 10 Q9 でお聞きした乗り 5りますか. 1. 事故に遭った	1. 全く利用しない 1. 全く利用しない 「1. 全く利用しな 「1. 全く利用しな 「2. 事故に遭い	2. 月数回程度 い」 を選択し 違反走行をしている いかけた いる自転車と事故・	3. 週数 た方は る自転車と 3 事故に遭し	如程度 CQ11 (: 事故・事i	效に遭し 圣験はな こった経	4. 毎日利 , で く † いそうにな い	用する ごさし
Q9-2. バイク Q9-3. 原動機付自転車 Q9 で "全て" 10 Q9 でお聞きした乗り 5りますか. 1. 事故に遭った	1.全く利用しない 「1.全く利用しな 「1.全く利用しな 」物を運転しているとき、 2.事故に遭いるとき、違反走行をして	2. 月数回程度 い」 を選択し 違反走行をしている いかけた いる自転車と事故・	3. 週数 た方は る自転車と 3 事故に遭し	如程度 : Q11 (: 事故・事i . 危険な経 いそうにな	效に遭し 圣験はな こった経	4. 毎日利 , で く † いそうにな い	用する ごさし
19-2. バイク 19-3. 原動機付自転車 Q9 で "全て" 0 Q9 でお聞きした乗り りますか. . 事故に遭った 1 自転車を運転してい . 事故に遭った	1.全く利用しない 「1.全く利用しな 「1.全く利用しな 」物を運転しているとき、 2.事故に遭いるとき、違反走行をして	2. 月数回程度 い」を選択し 違反走行をしている いかけた いる自転車と事故・ いかけた	3. 週数 た方は 6.自転車と 3 事故に遭し	如回程度 こ Q11 (: 事故・事: . 危険な経 いそうにな	效に遭し 圣験はな こった経 圣験はな	4. 毎日利 ,でく た いそうにな い 験はあり	用する ごさし

FQ1 あなたの性別を教えてください. (1つに〇)

FQ2 あなたの学年を教えてください.

FQ3 あなたの所属を教えてください

アンケートは以上です、ご協力ありがとうございました

1. 男性

2. 女性

)

学類)

(

CSR の不足した企業の特徴分析

2016 年度グループ演習 4 班 小野口孟 藤村美月 金雪飛 徐千里 アドバイザー教員:掛谷英紀

1. 背景•目的

近年、企業の社会的責任(CSR: Corporate Social Responsibility)が注目されている。CSR は、納税や 法令遵守はもちろんのことながら、公正な事業活 動の推進、地域課題への取り組みなど様々なこと を指す。しかし国内では三菱自動車の燃費試験不 正問題や電通の広告費不正請求など、企業の不祥 事が後を絶たない。このような企業の不祥事は国 内だけでの問題ではない。世界的な問題の一つに 企業のタックスへイブンを利用した納税逃れがあ る。この行為は以前から問題視されていたが、企 業のタックスへイブンの利用実態がわからず野放 しにされていた。しかし2016年に国際ジャーナリ スト連合 (ICIJ: International Consortium of Investigative Journalists)によってタックスへイブン を利用していた企業リスト(パナマ文書)が発表さ れた。パナマ文書には企業名はもちろんのことな がら、世界的著名人の名前も多く掲載されており、 世界に衝撃を与えた。そして、そのパナマ文書に は日本企業も掲載されており、日本企業のタック スヘイブンの利用実態も明らかとなった。

タックスへイブン利用の最大の問題は、国の税収が減少することである。その影響は社会保障費の減少や増税といった形で国民に及ぶ(1)。そのためタックスへイブンの利用は法律的にはグレーゾーンであるが、CSRという観点では明らかに問題がある。そこで、本研究はそうした行為に及ぶ企業の風土や文化を明らかにすることを目的とする。

企業風土や企業文化の分析手法の一つとして、 自然言語処理による経営トップのメッセージ分析 がある。佐藤ら⁽²⁾は自然言語処理と機械学習を用 いて社長のメッセージをもとにその企業の平均勤 続年数が長いかどうかを推定する手法を提案して いる。クロスバリデーションの正解率は高くない ものの、平均勤続年数が長い企業と短い企業に特 徴的な表現は見出されている。本研究でも、この 分析手法を用いる。

パナマ文書に掲載された日本企業のリストを見ると、同じ業界内でも掲載されている企業とそうでない企業が存在していることがわかる。そこで本研究では、パナマ文書と以前に発表されていたオフショアリークスに掲載された日本企業と掲載されていない同業他社の社長のインタビュー記事をもとに、掲載企業と非掲載企業の特徴分析を行う。また、四季報などに掲載されている企業データ、および過去の不祥事件数などからの分析も行う。そしてタックスへイブン利用企業とそうでない企業の風土や文化の違いを明らかにすることを目的とする。

2. 分析手法

2.1 自然言語処理

インターネット上で収集したオフショアリークスとパナマ文書の掲載企業と非掲載企業の経営トップのインタビュー記事に特徴の違いがあるかどうかを、自然言語処理を用いて分析を行う。以下に分析手法を示す。まず、インタビュー記事のテキストから形態素解析ツール(ChaSen)を使って、それぞれ単語ごとに分割し、その中から特定の品詞を選んで素性データとする。次にその素性データを、最大エントロピー(ME: Maximum Entropy)法を用いた機械学習にかけることでカテゴリ分類を行う。最大エントロピー法は、スパースなデータを得意とする統計的機械学習アルゴリズムで、文書分類において頻繁に使われている手法の一つである。ME 法の学習には maxent ソフトウェアを

使用した。

機械学習時のクロスバリデーションでは、業種間で社長のインタビュー記事の特徴に違いがある可能性を考慮し、同業種の企業を対にしてクロスバリデーションを行った。クロスバリデーションとは、対象とするデータを任意の数のグループに分割し、その中の1グループをテストデータ、他のグループを機械学習の学習データとするものである。例えば、10の記事データに対して、分割数5でクロスバリデーションを行うと、2記事がテストデータに、8記事が学習データとなる。そして、8記事をもとに2記事をカテゴリ毎に分類する。これを全組み合わせ、つまり5回行うことで全ての記事のカテゴリ分類の正答率を評価する。

機械学習に使用する経営トップのインタビュー 記事はオフショアリークスとパナマ文書に掲載さ れた日本企業と掲載されていない同業他社に分け て社長のインタビュー記事を 48 件ずつ合計 96 件 収集した。

2.2 統計分析

オフショアリークスとパナマ文書に掲載された 企業と掲載されていない同業他社の間に、企業統 計データの特徴的差異があるかを調べるため、統 計分析ソフト SPSS を用いた T 検定を行う。今回 分析で用いる企業には複数の業界に属するものが 混在しており、業界の相違による影響を避けるた め「対の T 検定」を行う。対の T 検定を用いて対 応する同じ業界の 2 社ごとの差を集計し、それら の差の平均と分散から有意差があるかどうかを判 断する。

分析に用いたデータ項目は、東洋経済(2016)⁽³⁾ より修士・大卒採用数(名)、3年後離職率(%),有 給消化年平均(日)、平均年収(万円)、従業員(人)、 月平均残業時間(時間)、平均勤続年齢(歳)、平均 勤続年数(年)の8項目を抽出した。また各企業の HPより過去5年間の売上高、社長平均在任期間を 抽出した。そのほか企業の広告宣伝費・売上高広 告宣伝費率(4),不祥事事件についても分析する。

3. 分析結果

3.1 インタビュー記事の分析結果

インタビュー記事から形態素解析で、名詞および、形容詞と動詞の基本型を素性データとして抽出した。そしてそのデータから機械学習をし、48分割のクロスバリデーションをした結果、正解率は 57.3%となった。今回のデータは、掲載と非掲載の 2 カテゴリであることからランダムに答えても 50%の正解率は保証される。そのためこの正答率は十分高いとは言えないが、データ数が 96 と少ないことを考えると、一定の特徴を掴むことはできていると考えられる。

次に、各カテゴリの頻出上位素性35とその素性 のインタビュー記事内での出現頻度を図1に示す。 図1からオフショアリークス、パナマ文書掲載企 業と非掲載企業の間に特徴的な違いが見られる。 掲載企業の社長が「グループ」、「運営」、「子 会社」、「会議」など会社やグループ企業に関す る内向きの言葉を多く使用しているのに対し、非 掲載企業の社長は、「お客様」、「価格」、「商 品」などの顧客を中心とした外向きの言葉を多く 使用している。さらに、後者で特異に多く見られ る素性として、「向け」、「市場」という単語が ある。記事内での使われ方を見ると、「向け」は 「消費者向け」、「高齢者向け」などの表現が見 られる。「市場」も、「新興市場への進出」、「市 場のニーズ」などのように商品などの市場動向を 意識している発言が多い。これらのことからも、 非掲載企業は掲載企業と比較してより顧客を重視 している特徴があると考えられる。

使用頻度 200 100 120 140 160 180 20 40 60 0 経営 商品 当社 ビジネス せる 時 お客様 世界 市場 社長 高い 価格 行う 環境 価値 情報 てる グループ 人間 社会 続ける 長期 可能 コスト 進める 向け 今年 部分 難しい F 目指す 割 超える 運営 たくさん ほとんど 他社 今回 取る 解決 全部 会議 予想 努力 点 ビジョン 以外 毎日 他 早い 生み出す 4月 チャレンジ 子会社 確か 守る やってくる 最適 加える 能力 調査 分の ■非掲載 掲載 納得 こる 乗る 占める 拡張 がち 食べる 重ねる

図1 各カテゴリ上位素性の使用頻度

3.2 企業データの分析結果

(1) 四季報・売上高による企業分析

オフショアリークスとパナマ文書に掲載された 企業と非掲載企業との違いを明らかにするため、 四季報から抽出した 8 項目と過去 5 年間の売上高 を T 検定により分析した. 結果を表 1 に示す。

分析対象である企業が少ないため、分析対象としたすべての項目において 5 %水準の有意な差は見られていない。ただし、3 年後離職率に関してはパナマ文書非掲載企業の方がパナマ文書掲載企業より離職率が低い傾向が見られている(p = .107)。このことから、パナマ掲載企業は社員の入れ替わりが多く、企業風土として何らかの問題を抱えている可能性はある。

表1掲載企業と非掲載企業の対のT検定結果

	パナマ文書 掲載・非掲載	度数	平均値	標準偏差	t値	有意確率 p値
修士·大卒 採用数(名)	掲載企業	23	133	147	1.31	205
	非掲載企業	23	103	142	1.31	.205
3年後 離職率(%)	掲載企業	13	7.5	7.1	1.74	107
	非掲載企業	13	4.1	4.0	1.74	.107
有給消化 日数(日/年)	掲載企業	22	10.9	3.7	1.32	.200
	非掲載企業	22	9.9	2.9	1.32	
平均年収 (万円)	掲載企業	22	851.8	376.3	0.28	.782
	非掲載企業	22	833.0	205.0	0.28	.762
従業員(人)	掲載企業	25	4583	4038	-0.57	572
	非掲載企業	25	5438	7324	-0.37	.573
月平均残業時間 (時間)	掲載企業	19	23.3	8.4	-0.41	.688
	非掲載企業	19	24.0	8.6	-0.41	
平均年齢 (歳)	掲載企業	24	40.4	1.9	1.25	.224
	非掲載企業	24	39.9	2.2	1.23	
平均勤続年数 (年)	掲載企業	24	15.3	3.1	0.46	.649
	非掲載企業	24	15.0	2.5	0.40	
過去5年間の平均 売上高(百億円)	掲載企業	33	228.5	352.6	1.35	105
	非掲載企業	33	146.2	241.7	1.33	.185

(2) 広告宣伝費による企業分析

東洋経済オンラインの広告宣伝費の上位 500 社 ランキング⁽⁴⁾中に、オフショアリークス・パナマ 文書掲載企業とその競合他社が何社ランクインし ているか、また売上高と広告宣伝費の比の違いを 評価した。

掲載企業でランクインしたのは 6 社、非掲載企業では 10 社ランクインしている。掲載企業とその競合他社の両方ランクインしているのは 4 組であ

った。そして掲載企業のみがランクインしたのは 2 社、非掲載企業のみがランクインしたのは 6 社 であった。このことから非掲載企業の方が広告に お金を掛けている企業が多いと考えられる。これ 自然言語処置での結果である、非掲載企業の方が 企業の外側を重視しているという点と一致し、経 営者が会社の商品や会社自体を外部に発信しよう とする意識が強いと考えられる。

次に、上位 500 社にランクインした掲載企業と 非掲載企業の売上高と広告宣伝費の比の平均はそれぞれ 2.85%と 2.98%であり、両者に差はみられなかった。しかし、今回は広告宣伝費の上位 500 社ランキングにランクインしている企業のみを対象としていることから、企業データを増やすことで差が出てくる可能性がある。

(3) 社長の在任期間による企業分析

同じ人物が長く社長を続けている企業は、隠し資産を形成しやすい可能性があるとの仮定の下、パナマ文書掲載企業と非掲載企業の社長の平均在任期間を比較した。まず、各企業の創業者から歴代の社長の在任期間を調査し、調査できたパナマ文書掲載企業 26 社、非掲載企業 19 社の平均値を求めた。その結果、社長在任期間の平均値はパナマ文書掲載企業 M=11.4(年)、非掲載企業 M=12.2(年)であり、大きな差は見られなかった。

(4) 企業の不祥事事件による企業分析

パナマ文書掲載企業は非掲載企業より脱税などの不祥事事件の数が多いと仮定し、過去10年間の企業の不祥事事件を調査した。ニュースサイトから、脱税や金銭関係の不祥事により新聞記事になった企業を抽出、パナマ文書掲載企業か非掲載企業に分けて整理をした。結果、パナマ文書掲載企業は5件、非掲載企業は2件であった。不祥事の内容は、パナマ文書掲載企業では税金の申告漏れや所得隠し、架空請求とあり、非掲載企業は、賃金未払いや税金の申告漏れがあった。

4. まとめ

本研究では、オフショアリークス、パナマ文書掲載企業と非掲載企業の企業風土や文化を明らかにすることを目的とし、自然言語処理による社長インタビュー記事の分析と企業データ分析の調査を行った

自然言語処理では、正解率は 57.3 %と高い数値 は得られなかったが、上位素性からは各カテゴリ の特徴を得ることができた。その結果、掲載企業 は企業の内側を重視し、非掲載企業は企業の外側 を重視しているといえる。

企業データのT検定では、四季報の企業データ、 売上高からパナマ文書掲載企業と非掲載企業の間に違いはないことが示された。ただし、3年後離職率に関しては非掲載企業の方がパナマ文書掲載企業より低い可能性が示唆された。また、社長の平均在任期間を比較したところ、掲載企業と非掲載企業間には大きな差は見られなかった。つまり、社長の在任期間の長短では掲載企業か否かを判断することは難しいといえる。ただし、社長よりもオーナーや会長が影響力を持つ企業もあり、株主比率や会長の在任期間なども分析すると、何らかの差が見られる可能性がある。

本研究では、オフショアリークス、パナマ文書 掲載企業と非掲載企業の企業風土や文化に一定の 特徴を見出すことに成功したが、分析対象とした 企業数が少ないため、まだ十分信頼性の高い結果 は得られていない。今後は分析対象とするデータ 数を増やし、分析精度向上を行っていく必要があ る。

5. 参考文献

- (1) 渡辺哲也(2016)『パナマ文書 タックスへイブン狩り の衝撃が世界と日本を襲う』第二刷株式会社徳間書店.
- (2) 佐藤裕也、掛谷英紀(2015)「企業のトップメッセージ に基づく企業風土の特徴分析』言語処理学会第 21 回 年次大会発表論文集、pp.473-476
- (3) 東洋経済新報社(2016)『就職四季報 2017 年版』大日 本印刷.
- (4) 東洋経済(2016)「『広告宣伝費』トップ 500 社ランキング」http://toyokeizai.net/articles/-/132053(2016/10/16)

2016 年熊本地震における

道路ネットワークの渋滞状況の観測と定量的評価

鹿山 貴紘 加藤 遼 聶 詩芸 朴木 俊也 担当教員:庄司 学

1. 背景

2016年4月14日,16日に発生した熊本地震では,震源となった熊本県益城町,隣接する熊本市を中心に甚大な被害をもたらした.

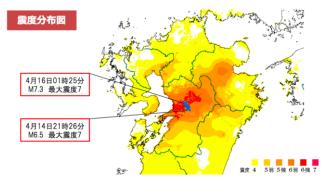


図 1 2016 年 4 月 14 日の震源と 4 月 16 日の震源,震度分布図[1]

今回の地震の特徴として、本震に匹敵する前震の発生、震度7の地震が2回発生するなどという、観測史上類を見ない現象が発生した地震である。そのため、地震現象そのものの解明、被害状況の調査など様々な分析が発生以来活発に行なわれている。

今回の地震において問題になったのは,交通機関に対する被害であった.九州自動車道が4月14日より通行止めとなり,熊本県内外の自動車による移動が著しく制限され,被災地域を中心とした避難行動において,車の移動が多く行われたことも相まって深刻な渋滞が発生し,その様子が様々なメディアで繰り返し報道された[2][3].これは,電車での移動が大きなウェイトを占める首都圏と違い,日常的に自動車を使う人が多い地域であれば日本中どこでも考えられる問題であり,対策が求められている.

災害時における交通の変化に関しては、阪神淡路大震災 [4],東日本大震災[5]など、ことあるごとに行われている.しかし、熊本地震では、前述したように、震度7の地震が2回発生する、最初の大きな地震が本震ではなく、それよりも規模の大きな地震が本震として発生するなど、それまでの地震との違いがあり、着目して調査を行う意義があると考えられる.

また,平時からの交通状況の調査としては,国土交通省が 昭和55年以降5年に一回行っていた道路交通センサス[6]が 最も規模の大きいものとしてあったが,平成23年度以降,GPS 端末が搭載された車両の普及により、実際の車両の移動によって記録されるプローブデータを用いた交通量調査が主流になっている。プローブデータとは、自動車一台一台に搭載されている GPS の機能を利用して収集される、各時刻の位置情報、移動距離、加速度などのデータである。熊本地震においても、それぞれの企業によって独自に収集されたプローブデータが、地震によって通ることのできない道の判別につながることから、災害時の情報提供サービスとして、

トヨタ:通れた道マップ[7]

ホンダ: 道路通行実績情報 Yahoo! 地図/Google マップ[8] が利用された.

しかし、本研究では、交通量調査の新しい手法の提案として、Google Earth[9]を利用した。衛星写真のデータベースとも言える Google Earth を利用することで、それらのデータが交通量の調査に利用出来るかどうかの検証、またその問題点を知るというアプローチを取っている。

2. 目的

本研究の目的であるが、他の地震とは違う特色をもった熊本地震における交通量、渋滞の実態を分析することで、他の 災害時の交通状況との比較を行う.また、今後の災害対策に 対する提案も目的とする.

3. 方法

本研究では Google Earth を利用し、衛星写真を用いて、 熊本県熊本市、益城町周辺の国道や県道といった主要道路上 の車の台数を数えるという手法をとった.

震災前の交通データとして 2013 年 4 月 15 日を選び、前震後を 2016 年 4 月 15 日、本震後を 2016 年 4 月 17 日とし、この 3 日間をそれぞれ調査した。これら 3 日間の交通量を比較することによって、地震前と前震後、本震後によって、実際の交通量がどれくらい変化したのかがわかる。なお、Google Earth の衛星写真における建物の影より、3 日間すべての衛星写真は正午から午後 3 時までに撮影されたものと推測される。

震災前の熊本市周辺の通常の交通データとして 2013 年 4 月 15 日を選んだ理由として,この日が前震後の日付と全く同じ,かつ同様に平日であるため,季節や祝日などの違いによる交通量の変化を考慮に入れる必要がないためである.

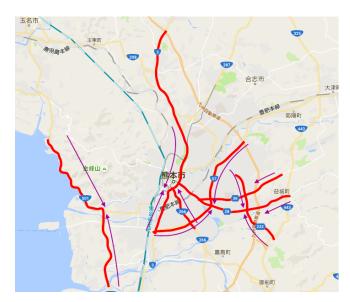


図 2, 熊本市周辺の主要道路 Map data © 2015 Google

本研究では図2の中の赤線で引かれた道路の車の台数を, 熊本市内に向かう方向と,熊本市から離れる方向の2方向の 車両数を調べた.調べた道路はそれぞれ国道3号,国道57号,国道266号,国道501号,県道28号,県道36号,県 道232号の7道路である.道路は200mごとに区切り,すべての区間中の車の台数を算出した.同様に,震災前,前震後,本震後の交通の変化についてクラスタリング解析を行い,定量的に評価した.なお,図2にある紫色の矢印は,市内に向かう方角を意味している.市外に向かう方向は,図の矢印を反転した方向である.

4. 結果·考察

4-1. 渋滞度の変化

2013 年 4 月 15 日の震災前, 2016 年 4 月 15 日の前震後, 2016 年 4 月 17 日の本震後の交通量を調べた. 調べた道路については 3. 方法 に述べた通りである.

本研究における交通量の計算方法を以下に述べる. 警視庁によると,道路上における車両の交通速度が時速 20km 以下になった状態が渋滞であると定義している[10]. 本研究では,交通量を,渋滞状態の時速 20km 未満,時速 30 未満,時速 40km 未満,時速 50km 未満,時速 50km 以上の 5 段階に分けた. 車両の全長を 5m とし,それぞれの時速における停止距離を足した長さを,道路を占める車1台分の長さであると定義した.なお,停止距離とは,ドライバがブレーキをかけようと思った瞬間から,車が完全に停止するまでに走り抜けた距離である.

停止距離の算出方法を以下に述べる. まず速度をv0 (m/s), 摩擦係数を μ , 反応時間をta (s), 重力加速度をg (m/s^2) と する.

(停止距離) = $v0 \cdot ta + v0^2/(2 \mu g)$

ここでいう反応時間とは、ドライバがブレーキをかけようと 思った瞬間から、実際にブレーキをかけ始めるまでの時間で ある. 本研究では、摩擦係数を 0.7, 反応時間を 0.75 秒に統 一した. この通り計算すると, 1 車線の 200m 区間における時速 20km の時の交通量が 6.78 台, 同様に時速 30km の時が 8.95 台, 時速 40km の時 12.26 台, 時速 50km の時 17.51 台と算出される.

本研究では、熊本市内に向かう方面と、熊本市内から遠ざかる方面のふたつの交通量を調べた. なお、台数の色分けの表については、「以上-未満」である. また、表で言う「台数」は、1 車線における車の交通量である.

まず,2013年4月15日の震災前の交通量について図3,図4に示す.



図3,2013年4月15日の市外方向の交通量



図 4, 2013 年 4 月 15 日の市内方向の交通量

2013 年 4 月 15 日の Google Earth の航空写真では、国道 3 号上端付近に雲がかかっており、道路上の車両を確認できなかったため、ここのデータは計測できなかった.

この日の交通量を見てみると、市内・市外方向ともにあまり混んでいないように見える. 交差点に差し掛かる場所に車が密集しているのが見られる.

次に,2016年4月15日の前震後の交通量について図5,図6に示す.



図5,2016年4月15日の市外方向の交通量



図6,2016年4月15日の市内方向の交通量

2016年4月15日の交通量を見てみると,国道3号北部と, 益城町周辺に交通渋滞が見られる.国道3号の北端部は九州 自動車道の植木ICと交差している.この日の正午に植木IC の通行止めが解除され,ここから南への通行止めは解除され なかったが,九州自動車道を使って北方面へ行けるようになった[10].同様に,植木ICを通って,北方面から熊本市方 向へ行けるようになった.

このため、熊本市周辺から北方面に向かおうとする車が植木 IC に殺到し、同様に熊本市方面に向かおうとする車が殺到したものと考えられる。また、北方面に向かう主要な道路が九州自動車道の他に無いことも、ここの渋滞の原因と考えられる。

また、益城町周辺の道路も混んでいることがうかがえる. これは、地震による被害が、益城町周辺では特にひどかった ため、市民以外で警察や消防、自衛隊の救助支援用の車両に 加え、マスコミやボランティアの車両が集中したからである と考えられる.

最後に,2016年4月17日の本震後の交通量について図7,図8に示す.



図7,2016年4月17日の市外方向の交通量

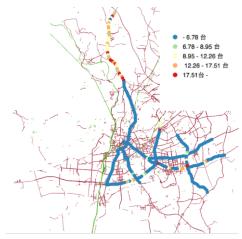


図 8, 2016 年 4 月 17 日の市内方向の交通量

2016年4月17日のGoogle Earthの航空写真では、国道501号全体に雲がかかっており、道路上の車両を確認できなかったため、ここのデータは計測できなかった.

この日の交通量を見てみると、国道3号以外の道路は、震災前とさほど変わりないように見える。この理由として、前震後、余震も続く中、県外に脱出した人は17日の時点ですでに移動を終えたからであると考えられる。また、前震後に、救助支援やマスコミなどの車両の進入による混乱があったため、これがニュースなどで取り上げられたことにより、個人のボランティアなど、熊本市方面に向かう車両が減少したからであると考えられる。

一方,国道3号の北部が,市内・市外方面ともに非常に渋滞していることがわかる.これは前震後と同様に,北方面に向かう・北方面から来るための主要な道路が九州自動車道の他に無いため,国道3号に車両が殺到したためであると考えられる[11].

また,九州自動車道は,植木ICから南の方角は依然としてほぼ通行止めであったため[12],植木ICを利用したいと思う人が大勢いたと考えられる.

4-2.k-means 法を用いた台数データの分析

データの分析に用いた k-means 法[13]とは,非階層的クラ

スタリングであり,k個のクラスター中心となる点が与えられたとき,各個体をそれぞれ最も近い中心点のクラスターへと分配することによって,集合に含まれる個体をk個のクラスターへと分割する手法である.

クラスタリングを行うに当たってデータの組み合わせとして,市内方向の 2013 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 15 日の台数データ, 2016 年 4 月 15 日と 4 月 17 日の台数データ, そして市外方向の 2013 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 15 日の台数データ, 2016 年 4 月 15 日と 4 月 17 日の台数データ計4 パターンのデータの組み合わせそれぞれに対しクラスタリングを行った.

これらの組み合わせに対しクラスタリングを行うことで, 震 災前と前震後, 前震後と本震後それぞれの組み合わせにおい て, 交通量の変化が似た道路のクラスターが得られる.

4-3. 結果·考察

以下クラスター中心を各クラスターの代表点と考え,クラスター中心の値を各クラスターの代表値として考察を行う. また,考察としては特にクラスタリング結果の中で特徴の出たクラスターに関して触れる.

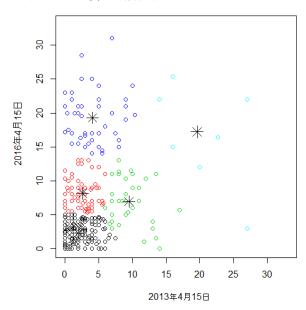


図 9, 市外方向 2013 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 15 日 のクラスタリング結果

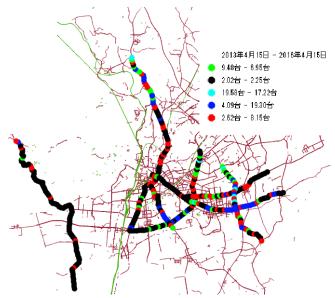


図 10, 図 9 の結果を GIS 上にプロットした図 (台数は図 9 のクラスタ中心の値)

図 9,10 において青色で着色されたクラスターは,3 号北部,28 号益城町付近,国道 266 号と 57 号の交差付近に多く見受けられ,これらの道路では地震前には台数が少なかったものの前震後に台数が急激に増えていたことがわかる.3 号北部に関しては,高速などを利用して北へ行く台数が普段の交通量以上に集中していたことによるものと考えられ,残りの道路は,震源である益城町へ向かう,ないしは益城町内での移動に用いられる道路であることから,益城への道路の集中が普段よりも大幅に増加したことによる影響であると考えられる.

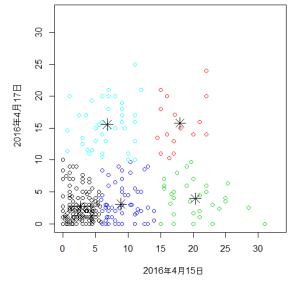


図 11, 市外方向 2016 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 17 日のクラ スタリング結果

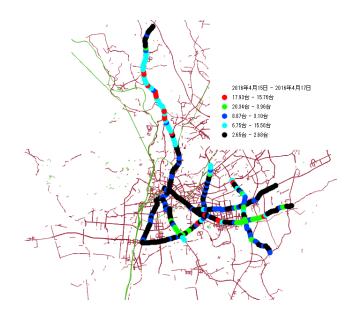


図 12, 図 11 の結果を GIS 上にプロットした図 (台数は図 11 のクラスタ中心の値)

図 11,12 において赤色で着色されたクラスターは,3 号北部に多く見受けられ,これらの道路は,前震後,本震後共に台数が多い道路が含まれ,本震後も引き続きこれらの道路へ北へ向かう車の集中が続いていたことがわかる.

また、水色で着色されたクラスターは、3号北部、57号北部、県道 266号に多く見受けられ、前震後以上に本震後に熊本市外へ向かう車であろう車がこれらの道路へ殺到したのであろうと推測される.

そして、緑色で着色されたクラスターは、益城町周辺の県道 28 号と、国道 266 号と 57 号の交差付近に多く見受けられ、前震後には非常に台数が多かったが、本震後には台数が急激に減った道路が含まれ、これより、前震後と比べると本震後はこれらの道路への車の殺到は抑えられたということがわかる.

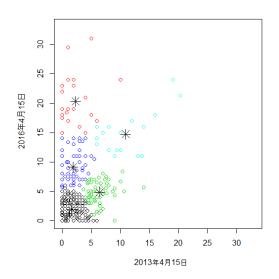


図 13, 市内方向 2013 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 15 日のクラ スタリング結果

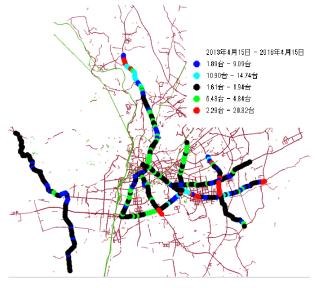


図 14, 図 13 の結果を GIS 上にプロットした図 (台数は図 13 のクラスタ中心の値)

図 13,14 において赤色で着色されたクラスターは,3 号北部,28 号益城町付近,国道 266 号と 57 号の交差付近に多く見受けられ,これらの道路では地震前には台数が少なかったものの前震後に台数が急激に増えていたことがわかる.この理由は,市外の時と同様の理由であると考えられる.

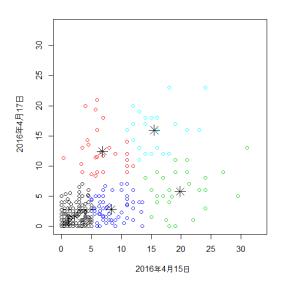


図 15, 市内方向 2016 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 17 日のクラ スタリング結果

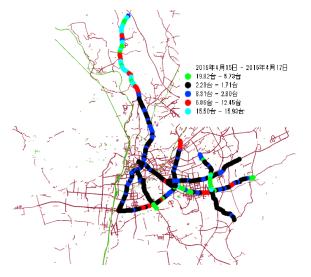


図 16, 図 15 の結果を GIS 上にプロットした図 (台数は図 15 のクラスタ中心の値)

図15,16において,緑色で着色されたクラスターは,益城町周辺の県道28号と,国道266号と57号の交差付近に多く見受けられ,前震後には非常に台数が多かったが,本震後には台数が急激に減った道路が含まれ,これより,前震後と比べると本震後はこれらの道路への車の殺到は抑えられたということがわかる.

5. まとめ

本研究では、交通量をGoogle Earthによって提供される衛星写真から、その写真に写る車の台数を数えることによって求めた。この方法は、オープンなデータから簡単に交通量を求めることができる、という点で新たな交通量の調査の提案になるのではないかと考えられる。

今後はこの調査方法をより広範囲に、より長期に行うことで、交通量の変化を詳しくつかむことができると考えている。しかも、衛星写真を利用しているので、道路のみならず、その周囲の環境の変化も含めた追跡が可能になり、交通量やその変化の理由の説明の一助となる点で、非常に有用である。さらにGoogle Earthはほぼ世界中をカバーしているので、この方法は、世界中の道路において可能であると考えられる。

逆に、この調査の課題であるが、まず、地球の衛星軌道上を 回る人工衛星からの写真であるため、撮影の頻度が一定では ないこと、また数ヶ月に一度単位での画像更新となるため、 それより少ない頻度、短い期間での変化は考慮できない。ま た、真っ暗になってしまう夜間は写真を撮れないため、見る 画像、比較できる画像はおのずと昼間のみとなってしまう。 それらの点から、衛星画像による交通量調査ではできない範 囲の調査があることがわかった。

次にその調査の結果から、今回の熊本地震による道路交通への影響を分析した。それにより、地震の後の自動車による移動の特徴をつかむことができた。まず、基本的に自動車が集合しやすいのは市街地を横切る幹線道路であり、その街の大動脈としての役割を果たしている道路であった。また、熊

本地震の際には、九州自動車道が被害を受け、通行止めになってしまったことも、熊本市街から九州自動車道へ向かう自動車は植木 IC を目指さなければならず、多くの自動車を殺到させてしまった原因であることがわかった.

6. 出典

[1]九州地方整備局, "「平成 28 年熊本地震」~復興に向けて~",

http://www.qsr.mlit.go.jp/bousai_joho/tecforce/pdf/panel ,2016年10月確認

[2]日本経済新聞 電子版, "熊本地震,地震,滞った救援物資 車の渋滞対策が後手に",

http://www.nikkei.com/article/DGXKZ099996590S6A420C1M L0000/ ,2016年10月確認

[3] excite ニュース,"熊本周辺が大渋滞で救援物資の配送に影響!個人の支援は「福岡市」へ",

http://www.excite.co.jp/News/column_g/20160417/Sirabee_110463.html,2016年10月確認

[4]小谷通泰,松本誠,"阪神・淡路大震災時におけるマイカー利用の実態",

http://www.iatss.or.jp/common/pdf/publication/iatss-review/23-3-04.pdf,2016年10月確認

[5]小原 誠,梅田 岳明,"被災時における交通行動の変化と 駐車場の整備・活用方策に関する研究",

http://www.tmpc.or.jp/03_business/03_pdf/h23_1g.pdf , 2016年10月確認

[6]国土交通省, "平成 22 年度 全国道路・街路交通情勢調査 (道路交通センサス)一般交通量調査 集計表"

http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/

[7]トヨタ,"通れた道マップ"

https://www.toyota.co.jp/jpn/auto/passable_route/map/[8]ホンダ, "道路通行実績情報"

http://www.honda.co.jp/oshirase/20160415.html [9]Google Earth,

https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/

[10]警視庁 平成27年中の都内の交通渋滞統計(一般道路,首 都高速道路)

http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/about_mpd/jokyo_tokei/tokei_jokyo/ippan.files/27tokei.pdf

[11] NEXCO 西日本, "4月14日及び16日 九州地方地震による通行止め・災害状況等について(第11報)",

http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/kyushu/h28/0418/

[12] トラベル watch, "NEXCO 西日本, 大分道の通行止めを一部解除",

http://travel.watch.impress.co.jp/docs/news/753653.ht ml

[13] Hartigan, J.A. and Wong, M.A. A K-means Clustering Algorithm. Applied Statistics, 28, 100–108, 1979.

施設毎の需要特性を反映した省エネ計画に向けた 筑波大学の電力消費パターン分析

リスク工学グループ演習 6 班北村拓也河野健一鈴木雄太陳康アドバイザー教員:鈴木研悟

2016/10/21

1 はじめに

地球温暖化問題が世界共通の課題として提起されており、二酸化炭素の排出の削減については地球規模で取り組んでいかなければならない問題である。省エネルギー対策の一環として2003年より「改正省エネルギー法」が施行され、大学も同法に適応される。大学のエネルギー消費は研究の高度化に伴って増加傾向にある[1].電力消費を抑えることは地球温暖化問題のほか、大学運用のコスト削減の点でも利点がある。筑波大学では省エネ対策の一つとして、全学の電力使用状況をリアルタイムで把握できる「TEMS(University of Tsukuba Electricity Monitering System)」を導入している[2].同学では大学職員や学生に呼びかける啓発活動や設備の更新などの対策を進めているが、今後さらなる省エネを求められており、そのためには、各施設における電気需要を把握することが重要である。

大学の電力需要を推測する手法として、以下の研究 が挙げられる. 謝ら (2006)[3] は、山口大学で使用さ れた 2002 年の消費電力データを対象に各月、時間帯 において、電力需要に対する外気温の影響開始気温や 電力需要に対する外気温の影響をを明らかにしている. 吉田ら(2016)[4]は、大阪大学の文科系施設と理科系施 設, 大規模施設を対象に, それぞれの施設の消費電力 と外気温の関係を分析しており、施設ごとや時間帯ご とに、外気温との関係が異なることを示している。い ずれの研究も、空調等の熱機器の利用による夏季、冬 季のピークカットを目的としているため、電気需要に 対する外気温の影響に焦点を当てている。しかしなが ら, 時間帯ごとの外気温の影響の違いには焦点を当て ているものの, 施設利用者の電力需要に直接影響して いると予想される、時間スケールにおける電力需要に 関しては十分に分析されていない。省エネルギー対策 を検討する場合、ピークカットを実施するのみでは限 界があり、各施設において、1年間の電力を総合的に 節約していく必要がある。そこで、本研究では電力需 要に対する外気温の影響だけでなく、時間スケールで

の電力需要の違いに焦点を当てる.

以上より、現行の省エネ・節電計画をより推進していくために、施設ごとの電力消費パターンを分析し、施設ごとの電力需要特性を明らかにする。その後、電力消費の習慣を表す時間スケールおよび外気温に対する電力需要特性に基づいて施設を分類することで、施設ごとの省エネを検討できるのか考察する。

2 事前調査

2.1 施設部へのヒアリング調査

筑波大学の省エネ活動の現状把握を目的としてヒアリングを行った. 2016年6月21日の10時から, 施設部施設サービス課にて, 施設部施設サービス課の職員2名に対して行った.

ヒアリング結果

筑波大学はピークカットよりも省エネを重視していることがわかった.省エネ法で定められている通り,毎年,CO2排出量を前年比1%減とすることを目標としているためである.ピークカットはコスト削減に繋がるが,CO2排出量削減には繋がらない.現在その目標は達成できているが,今後も継続して達成し続けることが必要である.

現在直面している問題としては、各施設でどのような使い方がどのくらい電力を消費しているかがあまりよく分かっていないことが挙げられた.

2.2 TEMS データの整理

TEMS(筑波大学電力情報システム)[2] とは、筑波大学の各施設における 1 時間毎の電力使用状況を記録したデータベースシステムである。なお、TEMS における 1 時間の消費電力は、その時間内の 10 分から 15 分の平均キロワットによって算出される。図 1 は、総合研究棟 B の例である。

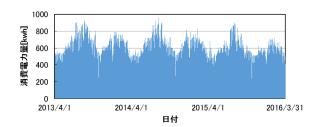


図 1: 3年間の消費電力量の推移

3 施設別電力消費量の集計

3.1 方法

分析は以下の2つの期間について行った.

3年(2013年4月1日~2016年3月31日)

目的は、各施設について、3年間における消費電力の推移を調査することである。各施設の消費電力データを 18 区分に整理した。具体的には、季節 (春秋:3月~5月、9月~11月/夏:6月~8月/冬:12月~2月)、平休日、年次 (1~3年)に分類し、それぞれの区分における平均消費電力を算出した (図 2 は総合研究棟 B の例).

1年(2015年4月1日~2016年3月31日)

目的は、各施設について、時間スケールによる 消費電力の推移を調査することである。各棟の電 力データを 18 区分に整理した。具体的には、季節 (同上)、平休日、時間帯 (深夜:1時~9時/日中: 9時~17時/夜:17時~25時) に分類し、それぞ れの区分における平均消費電力を算出した (図 3 は総合研究棟 B の例).

3.2 結果

以下, 例として総合研究棟 B の考察を行う.

年による電力消費の推移 (図 2) に注目すると,以下のことが推測できる.

春秋は電力消費が小さくなり続けていることから、冷暖房に関係ない電力が小さくなり続けている。一方夏および冬は、1年目および2年目はほぼ変わらず、3年目に突然減少しているため、2年目に冷暖房が多く使われたことになる。つまり夏暑く、冬寒いと感じられる年であった。実際、2年目の冬(2014年12月~2015年2月)は多くの寒波による寒冬であり、夏(2015年6

月~8月) は平均気温としては平年並みであるものの 猛暑と言われている.

時間による電力消費の推移 (図 3) に注目すると, 以下のことが推測できる.

まず、深夜が小さいこと、そして休日より平日の方が 大きいことから、人の出入りのある施設である。また、 日中と夜が同程度であることから、講義が少ない施設 である。そして、春秋より夏冬の方が大きいため、冷暖 房設備がある。

以上のように、時間帯をカテゴリに分けて電力消費パターンを考察することが、各施設について可能である。そのため、どのカテゴリでどの程度電力を消費しているか、詳細に把握することが可能である。しかし、そのためには一つ一つの施設を全て人の目で見ていく必要がある。また、この方法では、研究者が恣意的に選んだ時間スケールのみしか電力需要を把握できない、大学が施設単位で省エネ対策を推進していく場合、まずは、各施設の大雑把な電力消費パターンを大学全体で把握し、似た施設同士の分類、その後各施設ごとの詳細な事情の把握といった、段階的な調査が必要になると考える。そこで、我々はそれを解決するために、フーリエ変換によって電力消費パターンの特徴を抽出し、クラスタリングによって分類する手法を検討した。

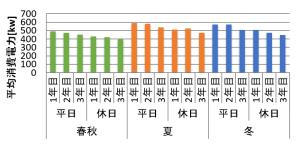


図 2: 年による電力消費の分析例

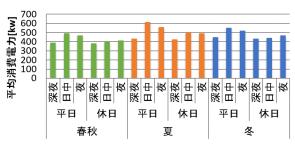


図 3: 時間による電力消費の分析例

4 フーリエ変換およびクラスタリン グによる電力消費パターン

4.1 フーリエ変換によるスペクトル分析

4.1.1 方法

様々な時間スケールを一元的に把握する方法として、フーリエ変換による周波数解析を行う。周波数解析とは、時系列の信号データを周波数領域に変換し、どの周波数成分がどの程度強いのか (パワースペクトル) 等を分析する手法である。本研究では、周波数解析の 1 つである、フーリエ変換を用いる。2015 年 4 月 1 日から 2016 年 3 月 31 日までの 1 時間ごとの電力データに対して、離散フーリエ変換を行う。サンプル数 N、周波数 $\frac{24f}{N}[day^{-1}]$ の離散フーリエ変換 $\mathcal{F}_N(f)$ は、式 1 で表される。

$$\mathcal{F}_N(f) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k)e^{-i\frac{2\pi fk}{N}} \quad (f = 0, 1, \dots, N-1) \quad (1)$$

本研究では、離散フーリエ変換後の各周波数帯の絶対値の 2 乗 (以下、パワースペクトル)を比較することで、各周波数域間の変動の大きさを施設間で比較する、パワースペクトル X(f) を式 2 に示す。

$$X(f) = |\mathcal{F}_N(f)|^2 \quad (f = 0, 1, \dots, N - 1)$$
 (2)

また,施設間のパワースペクトルを比較する場合,総 消費電力量の大小が異なるため,単純に比較すること はできない.本研究で比較する対象は,電力データに含 まれる変動成分の相対的な大きさであるため,パワー スペクトルを,式3に表すように,相対化することで, 施設間の比較を行う.本研究では,これを相対スペクトルと呼ぶ.

$$X_r(f) = \frac{X(f)}{\sum_{k=0}^{N-1} X(k)} \quad (f = 0, 1, \dots, N-1) \quad (3)$$

4.1.2 結果

まず、相対スペクトルが、施設の消費電力量の時間スケールにおける変動を表していることを示す。ここでは、総合研究棟Bを例に説明する。総合研究棟Bの相対スペクトルを図4、1年分、2週間分の消費電力の時系列データを図5、図6に示す。総合研究棟Bで相

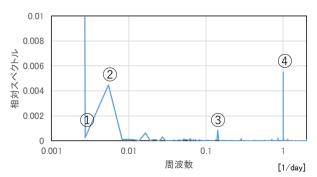


図 4: 総合研究棟 B における相対スペクトル

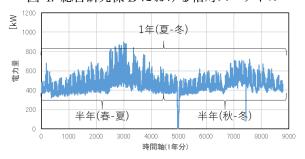


図 5: 総合研究棟 B における 1 年間の電力推移 (2015 年 4 月 1 日~2016 年 3 月 31 日)

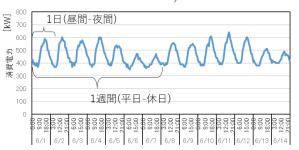


図 6: 総合研究棟 B における 2 週間の電力推移 (2015 年 6 月 1 日~2016 年 6 月 14 日)

対スペクトルが大きい周波数は、 $0[day^{-1}]$ を除くと、図4中の② $0.005[day^{-1}]$, ③ $0.143[day^{-1}]$, ④ $1[day^{-1}]$ の相対スペクトルであり、それぞれ半年周期、1 週間周期、1 日周期の消費電力の変動に対応する。一方、1 年周期を表す図 4 中の① $0.0027[day^{-1}]$ の相対スペクトルは比較的小さく、1 年周期による消費電力の変動はあまりみられない。図 5 、図 6 の時系列データと比較すると、確かに、1 年周期(夏-冬)の変動は見られず、半年周期(春・秋-夏・冬)、1 週間周期(平日-休日)、1 日周期(昼間-夜間)の変動は確認できる。

周波数間で比較すると,1日周期,半年周期,1週間 周期の順で相対スペクトル,つまり,消費電力の変動 が大きいことがわかる.3章の議論を合わせると,総 合研究棟 B は、昼間、多くの学生や教員が活動するため非常に大きな電力を消費し、夏季・冬季の休業や空調の需要により夏や冬の電力消費量が大きいことが考えられる。一方、休日でも多くの学生や教員が活動しているため、1 週間周期での変動は比較的小さいことが考えられる。

以上のように、平均値の議論では、直感的な比較が 困難であったことが、相対スペクトルでは、一目で直 感的に電力需要を把握することができる。ただし、変 動の正負に関しては、把握できないため、平均値によ る補完的な分析や、位相スペクトルの分析によって把 握する必要があり、今後の課題とする。

4.2 クラスタリング

前節で示したように、各施設の消費電力の時系列データより得た相対スペクトルの値は、それぞれ時間周期ごとの消費電力の変動の大きさを表している。この値を用いて、大学施設の電力需要をいくつかのグループに分類する方法を検討する。しかし、図4のようなデータから全施設の特徴を分類することは困難である。そこで本研究では、離散フーリエ変換で得られた相対スペクトルより、施設の特徴としてよく現れる、1日周期、1週間周期、半年(春夏と秋冬)周期、1年(冬と夏)周期の相対スペクトルを抽出し、4次元のデータセットを構築し、階層的クラスタリングを応用し、データ間で非類似度の小さいデータ同士を比較することで各施設を分類し、特徴を考察する。

4.2.1 方法

使用するデータセットは、電力データに不具合がなかった62の施設を対象として、1年周期、半年周期、1週間周期、1日周期を表す周波数の相対スペクトルを抽出したものを、4次元データとして

$$\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}) \tag{4}$$

と記述する. i は今回分析対象とした 1 から 62 までの施設の番号を示している. x_{i1} は 1 年(冬と夏), x_{i2} は半年(春夏と秋冬)の, x_{i3} は 1 週間, x_{i4} は 1 日の相対スペクトルを示す. \mathbf{x}_{i} のデータセットに階層的クラスタリングの ward 法を用いて樹形図を出力し, データ間の関連と意味を考察する.

4.2.2 結果

図7に階層クラスタリングによって得られた樹形図を示す。図中には各施設で抽出した4つの周波数の相対スペクトルを積み上げ棒グラフとして重ねている。樹形図は、非類似度の小さいデータ同士が結合していく過程を示している。

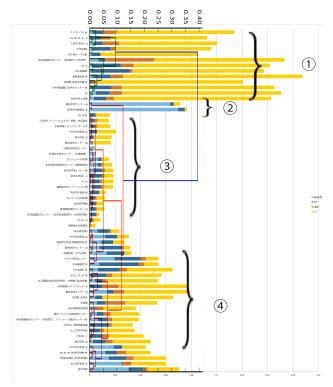


図 7: ward 法によって出力された樹形図

結果よりグループを主観的に決定する。①は一日の相対スペクトルが大きいデータが集まっており、中央図書館や運動場設備等を含む「電力消費に時間が影響し、とりわけ一日の中で電力消費の変動が大きいグループ」である。②は1年の相対スペクトルが大きいデータが集まっており、医学中央機械室や農林技術センターを含む「冬と夏で全く電力消費の異なるグループ」である。③は $|\mathbf{x}_i|$ が小さく、相対スペクトルの小さいデータが集まっており、計算科学研究センターや実験排水処理施設等を含む「時間に影響されず、常に同じような電力消費を行っているグループ」である。④は比較的変動の値が均一なデータが集まっており、本部棟や附属病院(けやき棟)等を含む「複雑な用途で使用されているグループ」である。

①は夜間はほとんど締め切っている施設が多いと予

測でき、日中での電力消費を調査するといったアプローチをとることができる。②は空調機器を主に扱っているため、冬と夏で電力需要の変動が生じるのではないかと予測でき、空調の使用や設備に対して調査するといったアプローチをとることができる。③は時間による電力需要の変動が小さいため、深夜帯の電力消費など電力消費のベースの部分を調査するといったアプローチをとることができる。④は一見すると複雑な用途で使用されている施設であるが、電力需要に偏りがある可能性も考えられる。例えば、電気の消し忘れなどが多く x_{i4} の値が小さいなどがある。それぞれの施設で電力使用の用途を調査するなどのアプローチが考えられる。

5 外気温による電力消費パターン

5.1 方法

既往研究でも言われているとおり、空調等の熱機器の需要や効率は、施設の電力需要に影響する。本章では、各施設の消費電力と外気温の関係を気温帯域ごとに回帰分析を行い、各施設の外気温による電力消費パターンを明らかにし、各施設の外気温に対する電力需要の特性を明らかにする。筑波大学内の施設(合計62ヶ所)の2015年4月1日から2016年3月31日までの日ごとの消費電力量(KWh)を従属変数とし、同期間内のつくば市の1日平均気温をを説明変数として、14.5度以下(冬場)と21.5度以上(夏場)それぞれで回帰分析を行い、冬場と夏場の標準化係数を分類した。冬場・夏場の外気温の閾値は、謝ら(2006)[3]の結果を援用した。

5.2 結果

5.2.1 消費電力に対する外気温の影響

総合研究棟 B における気温と消費電力量の関係を図8に示す。冬場,夏場,その他といったように,外気温の増減に対する消費電力の増減には,なんらかの関係があることが確認できる。各施設の冬場(横軸)と(縦軸)の標準化係数をの散布図を図9に示す。標準化係数の絶対値が大きいほど,気温の上下に対する消費電力の増減が大きい。一方,標準化係数の符号は,冬場の

場合,負ならば、気温が低下するほど消費電力が大きくなることを表し、夏場の場合、正ならば、気温が上昇するほど消費電力が大きくなることを意味する。つまり、散布図の第2,3象限で、左に分布するほど、冬場において気温の低下によって電力需要が増加する施設であることを意味し、第1,2象限で、上に分布するほど、夏場において気温の上昇によって電力需要が増加する施設であることを意味している。

5.2.2 特徴

図9のように、ほとんどの施設は第二象限に位置し、夏場には、外気温が高くなるほど消費電力が大きくなり、冬において外気温が低いほど消費電力が小さくなることがわかる。一方、一部の施設では、第1象限の左上に位置し、夏場のみ外気温の影響があり、気温の上昇によって消費電力が大きくなることがわかる。このことから、筑波大学の全施設における電力需要の特性は、電力需要に対して冬場と夏場に外気温の影響がある施設、電力需要に対して夏場のみ外気温の影響がある施設、外気温の影響がかさい施設の3つの分類が考えられる。

電力需要に対して冬場と夏場に外気温の影響がある施設

筑波大学のほとんどの施設が位置している第2象限の施設は、冬場において気温が低下するほど電力需要が大きくなり、夏場において気温が上昇するほど電力需要が大きくなると考えられる。具体的な施設を挙げると、①総合研究棟 D (-0.896, 0.893)、②外国人教師等宿泊施設 (-0.863, 0.905)、③追越学生宿舎、看護師宿舎 (-0.819, 0.911) などであり、日常的に営みがあり、空調等の熱機器が生活の一部として利用されている施設であることが推察でき、左上に位置するほど、熱機器の使用状況に焦点をあてて省エネ対策を進める必要があると推察できる。

電力需要に対して夏場のみ外気温の影響がある施設

夏場においてのみ, 気温の上昇によって電力需要が大きくなり, 冬場は外気温の影響が小さい施設である. 具体的な施設を挙げると, ①計算科学研究センター (0.084, 0.365), ②農林技術センター 2 (0.016, 0.641), ③医学中央機械室 (0.274, 0.787),

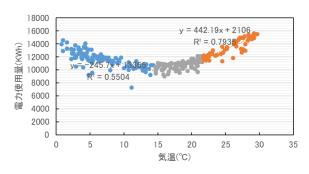


図 8: 消費電力量と外気温の関係 (総合研究棟 B)

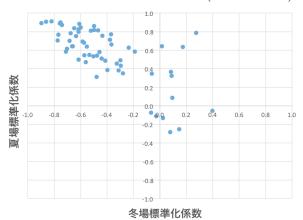


図 9: 夏場と冬場の電力消費パターン

④陽子線照射研究棟 (0.172, 0.634) などがあり, コンピュータ等の周辺温度を一定に維持するよう な設備が占めている施設であることが考えられ, 設備のエネルギー効率といった点に焦点を当てて 省エネ対策を進めるとよいと考えられる.

外気温の影響が小さい施設

原点付近に分布している施設であり、外気温によって電力需要の増減が小さい施設である。具体的な施設を挙げると、①実験排水処理施設 (-0.028, -0.110) ②武道館、球技体育館 (0.077, -0.282)、③ 運動場施設 (0.147, -0.282) である。空調などの熱機器はあまり利用されていなく、1年通して利用されているため、外気温による電力需要への影響が小さいと考えられる。

6 結論

本研究では、以下のことが明らかになった。①時系列の消費電力データを分析し、時間スケールごとに消費電力の平均値を比較することで、施設の電力需要の

特性を考察できること.②施設の時間スケールでの消費電力の変動を、相対スペクトルとして定量的に表し、それが実際の時系列の変動に対応していること.③抽出したいくつかの周波数の相対スペクトルを用いたクラスタリングによって、施設を電力需要ごとの似たグループに分類することが可能であること.④消費電力と外気温の回帰分析によって、外気温に対する電力需要の特性を3つのパターンに分類できること.

今後,時間スケールの変動や外気温に対する電力需要の増減,分類結果が意味する電力需要の特徴を,実際の施設に実地調査を行い,検証することが必要である.

謝辞

本研究を進めるにあたり、ヒアリングへの協力およびデータの提供をしていただいた、筑波大学施設部施設サービス課中島慎二さん、施設サービス課の方々に感謝いたします.

参考文献

- [1] 大学等に求められる省エネルギー対策", http://www.mext.go.jp/component/a_menu/ education/detail/__icsFiles/afieldfile/ 2010/05/21/1291316_3.pdf, 文部科学省
- [2] "TEMS(筑 波 大 学 電 力 情 報 シ ス テ ム) http://tems.tsukuba.ac.jp"(最 終 閲 覧 日 2016 年 10 月 20 日)
- [3] "大学構内における総使用電力からの空調用電力 と非空調用電力の分離に関する研究", 謝学海, 山 下哲生, 中村安弘, 空気調和・衛星工学会論文集, No.116, pp.11-19, 2006
- [4] "大学キャンパスにおける夏期電力ピークデマンドの予測手法に関する研究", 吉田友紀子, 下田吉之, 第 35 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集 13-4, 2016

民意を反映した投票制度の検討と提案

北村祐太郎 清田昇吾 矢吹健二 ムハマド アクバル シホタン アドバイザー教員:遠藤 靖典 2016年 10月 21日

1. はじめに

国権の最高機関であって、国の唯一の立 法機関である国会では、国民の投票によっ て選出された国会議員により、様々な議論 がなされている。その議案の一部に、近年 では憲法改正を初めとして、安保法案、消 費税増税といった国民の生活に少なくない 影響をもたらす事案がある。その重要度の 高さ故に、国会でなされている議論に対し て、国民の関心も高まっている。本来、国 民によって選ばれた国民の代表たる国会議 員の政策は、国民から賛成をされてしかる べきものである。しかし、現実には、賛成 の意見だけではなく、反対の意見を聞くこ とも少なくない。では、賛成と反対の両方 の意見が見られる現状の政策は、本当に民 意の反映がなされた政策であるといえるの であろうか。

また、近年起きた選挙に関する出来事に、 アメリカでの大統領の選出がある。一年も の長い時間をかけて行われる大統領選挙は、 アメリカの国民だけでなく、日本国民も大 いに関心を高めている。この大統領選挙で 問題となったことに、「票割れ」が挙げられ る。「票割れ」とは、本来投票者の大多数に よって望まれている候補者達の間で票が分 散し、結果的に次点に望まれている候補者 が当選してしまうことである。これは民意 の反映に反する結果になっている。

このように現実に起きている民主主義の

根底を揺るがす出来事を防ぐためにも、民 主主義の考え方を初め、投票の手法や選挙 のあり方にも焦点を当てる必要が出てきた と考える。

そもそも民主主義とは、民衆が国家を統治する体制のことである。その特徴として、国民全員が主権を持ち、意思決定を構成員の合意により行う点が挙げられる。民主主義の発端は、18世紀にフランスで起きた市民革命にまで遡る。このフランス革命以降、君主による専制支配を行う絶対王政から、国民が主権を持つ民主主義の考え方が世界に広まった。

フランス革命に影響を与えたとされるル ソーの「社会契約論」では、「社会契約」と 「一般意思」という二つの概念が定義され ている。社会契約とは個人が自由や平等と いった互いの権利を保持するために契約を 結ぶことによって国家が成立すること、一 般意思とは個人の利益を求める意志の集合 ではなく、共同の利益のために個々の利害 を離れ、一体となった人民の意志であると される。この二つの概念は、民主主義の原 理としての意義を持つ。ルソーによれば、 一般意思の集約方法として投票が示されて おり、多数が一般意思、少数が特殊意思を 表すのではなく、投票の結果自体が一般意 思を表すとしている。しかし、現在の日本 の投票制度を含め、集団による意思決定を 行う際には、多数決の手法が多く使用され

ている。これは、意思決定が繰り返し行われたことによって、「民意が反映されやすい手法である」と経験的に選ばれた可能性が考えられるが、現在注目されている憲法改正といった政治的問題を踏まえた上で、多数を選び、少数を切り捨てる多数決の手法が本当に民意を反映しているのかと疑問が残る。

そこで、本研究では、好感度というパラメータを設定することで民意を表し、投票のシミュレーションを行うことで、多数決、ボルダルールといった既存の手法と提案手法との有用性を検証する。本検証では、票割れが起きうる特定の状況を設定することで、既存の手法では投票者全体の民意が十分反映されない場合にも対応可能な新しい投票の手法を模索する。

2. 既存の投票手法

投票に用いられている手法の内、最も代表的と考えられる「多数決」、「ボルタルール」、「コンドルセ方式」を示し、投票手法に関する重大な定理であるアローの不可能性定理を示す。

2.1 多数決

多数決は最も多く選ばれた選択肢を採択 するルールである。しかし、多数決による 勝者は、最も望まれていない選択肢が採択 されてしまう可能性がある。

2.2 ボルタ方式

ボルダ方式とは選択肢に評点を与え、合計が最大になる選択肢を勝者として採択する。

ボルダ方式の利点として、ペア全敗者を 選ばない唯一のスコアリングルールである ことや。世論の一致を重視した投票方式で あることが挙げられる。しかし、欠点として、ペア全勝者が存在しても、それを採択するとは限らないこと、戦術投票に弱いことが挙げられる。なお、ペア全勝者とはペアごとの多数決で他のあらゆる選択肢に勝つ選択肢のことであり、ペア全敗者とは、ペアごとの多数決で他のあらゆる選択肢に負けてしまう選択肢を意味する。

2.3 コンドルセ方式

コンドルセ方式とは、各選択肢でペア比較を行い、ペア全勝者を採択する投票方法である。

コンドルセ方式の利点は、ペア全勝者を 採択することが挙げられるが、欠点として サイクルが生じ、ペア全勝者が存在しない 可能性があることが挙げられる。

2.4 アローの不可能性定理

アローの不可能性定理とは、投票ルール のうち、満場一致性、二項独立性、非独裁 制を全て満たすものは存在しないことを示 している。満場一致性、二項独立性、非独 裁制を下記に記す。

• 満場一致性

全員が、x は yよりも望ましいとしたとき、社会的順序もx はy よりも望ましいと判断されること。

• 二項独立性

x,yと>について、xR(>)yが成り立つものとする。ここで別の順序組>'について

 $x \succ_i y$ であるiについては $x \succ_i' y$ $y \succ_i x$ であるiについては $y \succ_i' x$ が成り立つならば、 $xR(\succ_i')y$ が成り立つ。これをR の二項独立性という。

・非独裁制

ある i が存在し、どのような(x,y)と \succ においても $x \succ_i y$ が成り立つとき、必ず $xP(\succ)y$

も成り立つ。このとき i を、Rにおける独裁者という。独裁者がいないRは非独裁制を満たす。集約ルールが非独裁制であることは政治的平等を尊重する最低限の要求である。しかし、満場一致性と二項独立性が満たされたならば独裁的となる

アローの不可能性定理より、完全に民主 的な意思決定方式はないということが証明 されたが、多数決やボルダ方式といった既 存の手法を含め、より民意を反映した投票 手法を提案する必要がある。

3. 提案手法

3.1 手法の概要

我々の提案手法では、多数決の欠点である「票割れにより意図しない第三者が勝者となる」ことを防ぎ、より集団の意思が反映された投票が行えることを目的とする。

そこで、候補者間の類似度を利用する。 各候補者が得た票数を類似度の高い他の候 補者にも与えることによって、票割れが起 こってしまった場合にも対処できるような 投票の仕組みを考えていく。

3.2 シミュレーションの設定

3.2.1 想定する投票制度

今回想定する投票制度は、m人の候補者 $R_1, ..., R_m$ とn人の投票者 $V_1, ..., V_n$ が存在する とき、各投票者は自身が良いと思った候補 者を上位 3名まで選んで投票を行うような 制度である。

3.2.2 好感度の設定

候補者 R_i はそれぞれ類似度に基づくk個のクラスタ C_k に分けられているとする。

各候補者 R_i と各クラスタ C_k には投票者の集団 \mathbf{V} からみた好感度を設定する。

候補者個人の好感度RFiは

$$RF_i > RF_{i+1}, \qquad i = 1, \dots, m-1$$

$$RF_i = \frac{m-i}{m-1}$$
 (1)

で与える。

所属するクラスタの好感度CF_kは

$$\frac{1}{\#(C_k)} \sum_{i \in C_k} RF_i \le CF_k \le \max_{i \in C_k} RF_i \qquad (2)$$

で与える。ここで、 $\#(C_k)$ はクラスター C_k に所属する候補者数を示す。

候補者 R_i の真の好感度 F_i は候補者個人の好感度 RF_n と所属するクラスタの好感度 CF_k から

$$F_i = RF_i \times CF_k \tag{3}$$

と与える。この真の好感度に比例して得票 数が多くなることが、民意が反映された投票であると仮定する。

3.2.3 類似度の設定

各候補者はそれぞれ他の候補者との類似度を持っている。候補者 R_i と他の候補者 R_l との類似度 S_{nl} は

$$S_{il} = 1 - \frac{d_{il}}{\max(D)} \tag{4}$$

で求める。

ここで、

$$D = (d_{il}), \quad i, l = 1, ..., m$$

は候補者i,1間の非類似度を表し、max(D)はすべての候補者間の非類似度の組み合わせの中で最大のものをあらわす。

3.2.4 投票方法の設定

各投票者 V_a がそれぞれの候補者 R_i に対して持つ好感度 RF_{ai} を正規分布 $N(RF_i,\sigma^2)$ に従う正規乱数として生成する。投票者 V_a はこの好感度 RF_{ai} が最も高い候補者 R_i をまずは選択する。以降は候補者 R_i との類似度に比例した確率を各候補者に付与し、無作為抽出を行う。

3.2.4 勝者の決定

前述の投票方法によって各候補者 R_i の得票数 P_i が決定する。この得票数 P_i から、多数決、ボルダ方式、提案手法 1、提案手法 2によって勝者を決定する。

3.3 提案手法

我々が提案する2つの手法は、ボルダ方式に類似度を利用する手法(提案手法 1)と多数決に類似度を利用する手法(提案手法 2)である。

3.3.1 提案手法1

ボルダ方式の結果は、(1位の得票数×1位の評点)+ $(2位の得票数×2位の評点)+...+(m位の得票数×m位の評点)というように決定される。これをボルダ得点<math>BP_i$ とする。提案手法1では、このボルダ得点 BP_i に他の候補者の得票数を類似度に基づいて加味することによって真の得点を算出する。各候補者 R_i の真の得点 MBP_i は

$$MBP_i = BP_i + \sqrt[k]{\sum_{l \neq n} (BP_l \times S_{il})^k}$$
 (5)

として計算する。

3.3.2 提案手法 2

多数決の結果は、得票数の多さで決定する。提案手法 2 では、多数決の結果に他の候補者の得票数を類似度に基づいて加味することによって真の得点を算出する。各候補者 R_i の真の得点 MP_i は

$$MP_i = P_i + \sqrt[k]{\sum_{l \neq n} (P_l \times S_{il})^k}$$
 (6)

として計算する。

4. 計算結果

前節で述べた計算方法に基づいて、多数 決、ボルダ方式、ボルダ得点に類似度を考 慮したもの(提案手法1)、及び多数決のス コアに類似度を考慮したもの(提案手法2) 4 種類について評価を行った。また、票割 れを起こしやすい現象に焦点に当てるため、 シミュレーションする際に4つのクラスタ (以下グループと呼ぶ)を設け、各候補者 を乱数を用いてグループに割り振る。さら に、本論文は以下に示すように、五つのパ ターンを設定し、シミュレーションを行っ た。

- パターン 1:4 つのグループを座標面に おいて、それぞれ第1象限、第2象限、 第3象限及び第4象限に配置する。
- パターン2:パターン1と同様に設定するが、一つのグループが極端に離れている。
- パターン 3:全体的にグループが固まっている。
- パターン 4:2 つのグループは極端に離れ、他の2つグループが近い。
- パターン 5:2 つのグループが極端に離れている。

パターン 1~パターン 5 の候補者の配置を図 1 に示す。

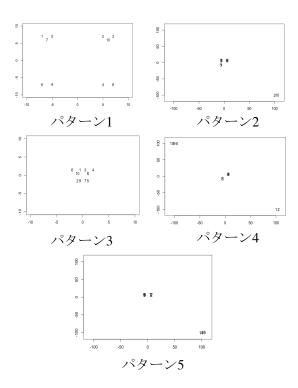


図1:座標面での候補者の配置

また、それぞれのパターンにおいて 1000 回の試行によって得られた各指標値の平均、 分散を表 1 に示す。指標値は順番を関係な く理想の順位に比較する際に、対象となる 手法の上位 3 位までの一致度を示す。全て 一致すると 3 となる。値が高いほどより望 しいことを示す。

表1:手法に関する比較

P1	多数決	Borda	提案 1	提案 2
平均	2.387	1.609	1.798	2.131
分散	0.305	0.520	0.902	0.450

P2	多数決	Borda	提案 1	提案 2
平均	2.383	1.665	2.711	2.237
分散	0.332	0.523	0.211	0.421

Р3	多数決	Borda	提案 1	提案 2
平均	2.366	1.541	2.023	2.256
分散	0.316	0.471	0.681	0.387
P4	多数決	Borda	提案 1	提案 2
平均	2.372	1.370	2.365	2.165
分散	0.320	0.612	0.632	0.384
P5	多数決	Borda	提案 1	提案 2

P5	多数決	Borda	提案 1	提案 2
平均	2.370	1.389	2.375	2.132
分散	0.315	0.594	0.723	0.395

5. 終わりに

本論文では民意を反映した投票制度の検 討及びランクつき投票モデルの投票に基づ いて計算方法を提案した。いずれの状況で も,多数決が安定して良い結果を示してい る。 また、ボルダ方式が最も悪い結果を示 した。

多数決が最も優れていた理由は、次のように推測される。 おのおのの投票者は最上順位を決めるには、好感度の高い候補ほど確率分布を用いて選びやすくすると設定したためである。今回は乱数を用いたシミュレーションでは提案手法がボルダ方式を改善することが可能なことが示された。

しかしながら、この実験はあくまでも擬似的な人工データに対するものであり、実際の投票データに対しても有効かどうかを確認するためにより現実に近い状況での実験が必要であろう。

参考文献

[1] 訳:桑原武夫 前川貞次郎, "社会契約論ルソー", 岩波文庫

[2] 坂井豊貴、"社会的選択理論への招待・投票と多数決の科学・",日本評論社,2013 [3] 小畑経史、石井博昭、"ランクつき投票データ分析手法による集団の意思の反映について(最適化の数理とアルゴリズム)"、数理解析研究所講究録(2002),1297:pp. 145・153

為替相場におけるテクニカル分析の有効性の検証 一移動平均線(GC, DC)を対象として一

第8班: 髙橋拓 山村拓巳 尹授老 アドバイザー教員 三崎広海

1. はじめに

株式投資,不動産,債権などに代表される資産運用の一つとして,FXと言われ,通貨間の交換比率である為替レートによって各国の通貨を取引する,外国為替取引がある.現在,インターネットの普及により,誰もが手軽に個人のパソコンにより外国為替の取引ができるようになり,注目を集めてきている.

為替レートは、株価と同様に、日々絶えず波を打ちながら変動し、価格の上昇、下降を繰り返しており、時間あたりの価格変動がチャート図に表される。資産運用をするにあたっては、為替レートの上昇、下降が大きく損益に影響することとなる。

為替レートの上昇,下降についての予測手法の一つとして,将来的な市場価格の変動は過去のデータを反映しているとして,過去のデータを用いて市場価格の変動を予測するテクニカル分析がある.外国為替取引におけるテクニカル分析は,銘柄ごとの個別の因果関係を考えず,過去の価格・出来高・時間軸などから将来的な為替レートの価格変動を予測する分析手法である.

多くの研究者が株式市場におけるテクニカル分析手法の予測能力について検証を行っているが、その有効性の有無については意見が分かれている. Brock ら[1]は、いくつかのテクニカル手法について、ダウ株価指数を用いて実験を行っている. デビッド・アロンソン[2]は、テクニカル分析の迷信において、統計学的に

検証し、その有効性のなさを指摘している. しかし、テクニカル分析の有効性を検証した研究は、 為替市場においては十分になされていない.

本研究では、テクニカル分析の有効性について定量的に検証を行い、実際にテクニカル分析が有用な手法であるかを判断し、資産運用における取引リスクの低減を図ることを目的とする.

3. 使用するデータ

本研究では、Alpari(オンライン FX 取引サイト)[3]の為替レートの変動データを利用し、テクニカル分析の有効性の検証を行う. 1998 年1月4日~2014年12月31日のユーロ/ドルの為替レートについて、Alpari における1分単位のデータから1時間単位の為替レートの変動を計算し、利用する.

4. テクニカル分析の手法

テクニカル分析の代表的な手法としては、過去の一定期間の平均を利用する移動平均法、より新しい価格の比重を高めた移動平均を用いるMACD、為替レートの値動きが移動平均線から一定の価格以上離れたときに売買を行うボリンジャーバンドなどが挙げられる[4].

今回は、この中から、最も一般的な手法である移動平均法について、その有効性を検証する. 移動平均法に用いられる移動平均線は、過去の一定期間における価格の平均値の推

移を示すものである. 図 1 は, 実際の為替レートの値動きと, 移動平均線を図に示したものである. 縦軸が為替レート, 横軸が時間を表す. 黒い線が実際の為替レート, 赤い線が短期の移動平均線, 青い線が長期の移動平均線を表している. 移動平均法では, 一般的に長期の移動平均線と短期の移動平均線を組み合わせ, 買い注文及び売り注文のタイミングを示すサインとして利用する. 短期の移動平均線が長期を上回る現象はゴールデンクロス(GC)と呼ばれ, その時点で通貨の買い注文及び保持中の空売りの締めを行う. また, 短期の移動平均線が長期を下回る現象はデッドクロス(DC)と呼ばれ, その時点で通貨の空売り注文及び保持中の買いの締めを行う.



図1 ユーロ/ドルの為替レート変動の一例 (MetaTrader 4[5]を利用して作図,黒:実際の 為替レート,赤:短期の移動平均線,青:長期 の移動平均線)

5. 検証方法・結果

移動平均法では、長期・短期の移動平均線において価格を平均する期間(平均期間とする)の組み合わせが変われば、売買のタイミングを示すサインや損益が異なってくる。しかし、長期・短期の平均期間の組み合わせについては、様々なものが提案されている。本研究では、平均期間の様々な組み合わせによる移動平均法を用いて外国為替取引を行った場合に、

その各組み合わせの損益がどのようになるのかについてシミュレーションを行い、その結果がランダムに外国為替取引を行った場合のシミュレーション結果と有意な差があるかどうかを判断するために検定を行う。また、その検定の結果が偶然によるものであるかどうかを判断するため、White Reality Check (WRC)を行う。

検証の流れについては以下の通りである.

- 1. ランダムに外国為替取引を行った場合の 損益についてシミュレーションを行う.
- 2. 移動平均法を用いて外国為替取引を行った場合の損益についてシミュレーションを行う.
- 3. 2のシミュレーション結果が1のシミュレーション結果に対して有意の差があるかどうかを Z 検定を用いて判断する.
- 4. 3 の Z 検定により有意となったシミュレーション結果が用いたデータによる偶然の 結果であるかどうかを WRC を用いて判 断する.

5.1 ランダムな為替取引による損益のシミュ レーション

ランダムな為替取引(ランダム取引とする)による損益については、Alpari [3]の1998年1月4日~2014年12月31日の為替レートのデータを利用し、買い注文・売り注文の確率をそれぞれ50%として、1時間ごとに、1万セットの取引シミュレーションを行った。

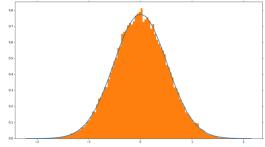


図2 ランダムな為替取引シミュレーションによ る損益の確率分布

図2はランダムな為替取引シミュレーションに よる損益の確率分布を表す図である。ここから, ランダム取引では,正規分布に近い損益分布 が見られることがわかる。

5.2 移動平均法を用いた為替取引による損益のシミュレーション

移動平均法を用いた為替取引の損益については、短期移動平均線の平均期間を1時間から2時間間隔で251通り、長期移動平均線を3時間から2時間間隔で251通りとしたときの、合計62,750通りの各組み合わせについて取引シミュレーションを行った。Alpari[3]の1998年1月4日~2014年12月31日の為替レートのデータを利用し、一般的な移動平均法と同様に、短期移動平均線が長期移動平均線を下回った場合(GC)に通貨の買い注文及び保持中の空売りの締めを行い、上回った場合(DC)に通貨の空売り注文及び保持中の空売りの締めを行い、上回った場合の締めを行う。

5.3 Z 検定を用いた移動平均法の予測能力 の検証

Z検定とは、正規分布を仮定し、標本と母数団の平均との差が有意であるかどうかを判断する統計学的検定法である。母集団の平均と標準偏差が判然としている場合に用いることができる。今回、移動平均線の平均期間の組み合わせによる取引シミュレーションの各損益を標本とし、ランダム取引を行った場合の取引シミュレーションの損益分布を母集団として用いる。移動平均線の平均期間の各組み合わせを用いた取引による損益が、ランダム取引を行った場合の損益の一部と見なせる、という帰無仮説について、Z検定を行う。どれだけ標本が母集団と差があるかを示す p値を利用し、p値が有意水準以下の場合、帰無仮説が正しく移動平均法にランダムとは見なせない予測能力が

あるとし、p値が有意水準より大きい場合、移動 平均法による取引はランダム取引の一部であ り予測能力がないとする。今回、有意水準を 5%として分析を行った。

その結果, 有意となった移動平均線の平均 期間の組み合わせは, 62,750 個中 274 個となった.

5.4 White Reality Check(WRC)によるデータマイニング・バイアスの検出

データマイニング・バイアスとは、最良のルールの観察されたパフォーマンスと期待されるパフォーマンスの期待差のことである[2].この場合では、62,750 通りもの移動平均法の平均期間の組み合わせの中から最良のパフォーマンスについて見ると、調査期間のデータを用いることによる偶然の結果として、本来の損益の期待値がランダムの一部であるルールが、Z検定によりランダムとは見なせないほど高くなってしまう可能性がある.そのため、3のZ検定により有意となった移動平均線の平均期間の組み合わせ274個によるシミュレーション結果が、用いたデータによる偶然の結果であるかどうかをWRCを用いて判断する.今回、有意水準を5%として分析を行った.

手順としては、各組み合わせ 62,750 個の各期間における損益から 90,000 回分の組み合わせをサンプリングし、その平均を引くことによりゼロを中心とした調整済みリターンとし、その平均値の大きい方のものを取り出す試行を5000 回くり返す. これらの取り出した値を母集団となるサンプル分布として利用する. そして、5.3 の手順で p 値を計算する.

図3は、ランダム売買によるWRCサンプルの 確率分布である。また、表1は、WRCによるp 値の上位10位について表にまとめたものであ る。MA2の期間による移動平均がMA1のそれ を上回った時に買い、下回った時に売りを行う とする. その結果, 274 個中 270 個と, ほとんど の移動平均線の平均期間の組み合わせによ るシミュレーションにおいてWRCを行った際の p値は有意水準を上回り, 予測能力がないとい う結果となった. 平均期間の最も短い4つの移 動平均線の組み合わせにより売買を行った場 合のみ p 値が有意水準を下回り, 予測能力を 持つ可能性が示唆された. しかし, 従来信じら れてきた手法の反対で、GC の時点で通貨の 空売り注文及び保持中の買いの締めを行うと いう逆シグナルを利用したものであり、従来の 移動平均法は有効とは言えないことがわかっ た. また, 予測能力を持つとされた場合も, 1回 あたりの売買による利益は一般的な売買手数 料である 0.007%程度であり、ほぼ儲けを出す ことはできず、投資戦略として必ずしも有効と は言えない.

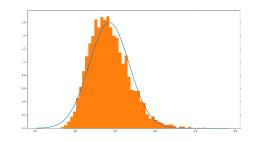


図3 ランダム売買による WRC サンプルの確率分布 **表1** WRC による p 値の上位 10 位の結果

MA1	MA2	Profit	N	z1	P1	z2	p2	Profit/N
3	1	2.358	38533	4.652	0.000	3.720	0.000	0.00006
5	1	2.268	27667	4.474	0.000	3.369	0.000	0.00008
5	3	2.023	23149	3.991	0.000	2.410	0.008	0.00009
7	1	1.871	22551	3.691	0.000	1.816	0.035	0.00008
35	33	1.522	6207	3.000	0.001	0.449	0.327	0.00025
41	31	1.512	3005	2.982	0.001	0.413	0.340	0.00050
37	31	1.487	3811	2.933	0.002	0.315	0.376	0.00039
39	31	1.452	3320	2.863	0.002	0.177	0.430	0.00044
43	29	1.433	2728	2.826	0.002	0.104	0.459	0.00053
41	27	1.425	2828	2.809	0.002	0.070	0.472	0.00050

Profit : 各ルールによる損益

N : 売買回数

z1,p1 : 損益の z 値, p 値

z2,p2 : WRC 結果の z 値, p 値

6. 考察・今後の課題

本研究では、テクニカル分析の手法のうち、 移動平均法による取引の有効性について、分析を行った.

その結果,移動平均法について,多くの平均期間の組み合わせによるルールにおいて予測能力がなく,平均期間の短いごく一部の移動平均線の組み合わせにより売買を行った場合のみ予測能力を持つ,というような結果が得られた.しかし,従来信じられてきた手法の逆シグナルを利用したものであり,従来の GC,DC による移動平均法は有効とは言えないことがわかった.また,予測能力を持つ,とされた場合も,その利益は一般的な売買手数料に近いものであり,投資戦略として必ずしも有効とは言えない.

しかし,今回の検証では,逆シグナルが予測 能力を持つ理由については明らかにしていない.今後の課題としたい.

8. 参考文献

- [1] William Brock, Josef Lakonishok, Blake LeBaron: Simple Technical Trading Rules and the Stochastic Properties of Stock Returns, *Journal of Finance*, Volume 47, Issue 5, 1731-1764, 1992.
- [2] デビッド・アロンソン: テクニカル分析の迷信 ——行動ファイナンスと統計学を活用した科学 的アプローチ (ウィザードブックシリーズ), パンローリング, 2009.
- [3] Alpari, http://alpari.com/(2016/10/20 アクセス).
- [4] 外為オンライン:FX 実戦チャート術, http://www.gaitameonline.com/academy_chart.jsp (2016/10/20 アクセス).
- [5] MetaTrader 4, http://www.metatrader4.com/ja (2016/10/20 アクセス).

公衆 Wi-Fi のリスク認知に関する調査分析と安全利用に向けた検討

リスク工学グループ演習 9 班 田中皓介 水無瀬晶 若林建吾 劉舒陽 アドバイザー教員 古川宏

1. 背景

公衆 Wi-Fi とは、外出先や旅行先においてインターネットに接続するために各地で提供される無線 LAN のことである。公衆 Wi-Fi には携帯事業者のような通信事業者が有料で提供しているものや、飲食店や交通機関などの施設運営者や自治体が無料で提供しているものがある。総務省では、2020年オリンピック・パラリンピックを見据えて公衆 Wi-Fi の整備促進、利用の円滑化等に取り組んでおり、ICT 総研の公衆無線 LAN サービス利用者動向調査によると、公衆 Wi-Fi の利用者数は 2014 年度に2278 万人に達した[1][2]。そして今後も、毎年 400 万人~500 万人程度のペースで増加し続け、2018 年には 4000 万人を超えると予想されている(図 1)。



一方、無料で提供されている公衆 Wi-Fi の中には、不特定多数の人が利用でき、通信内容が暗号化されていないため、盗聴、無断アクセス、アクセスポイントのなりすましといった危険性が存在する [3]。しかし、総務省が実施した公衆無線 LAN 利用に関する情報セキュリティ意識調査結果によると、日本人は公衆 Wi-Fi の危険性の認知度とセキュリティ対策の実施率が訪日外国人に比べて低く、危険性の認知度と実施率の乖離が大きいことが明らかとなった(図 2)[4]。



図2 公衆 Wi-Fi の利用時の脅威の認知度と実施率[4]

2. 事前調査

以上の背景から、公衆 Wi-Fi に関連した被害は公衆 Wi-Fi の脆弱性だけではなく、利用時の危険性と対策方法の認知不足によるものと考え、まずは身近な筑波大生を対象に公衆 Wi-Fi の利用実態と脅威の認知度に関する調査を行った。

表1 事前調査の概要

調査方法	アンケート調査
対象者	筑波大学学生(リスク工学専攻学生)
回答数	40名
調査期間	6月20日

まず利用実態について、40 人中 29 人が普段公衆 Wi-Fi を利用すると回答した。しかしこの 29 人の中 の3割以上の人は脅威を全く把握しておらず、半数 近い人が対策を取らずに利用していることが明らか となった。対策しない理由で多かった回答は、「何を すればよいのかわからないため」、「どんな脅威があ るのか知らないため」、「危険性を感じない」であっ た。このことから、脅威と対策を周知させることで、 安全な公衆 Wi-Fi の利用につながる可能性があると 考え、脅威の存在把握とセキュリティ対策実施状況 のクロス集計を行った。図3に脅威の存在把握とセ キュリティ対策実施状況のクロス集計の結果を示す。 カイ二乗検定を行ったところ、p=0.064となり、10%水準では有意といえる結果が得られた。このことか ら、公衆 Wi-Fi 利用時に存在する脅威を知らない人 ほど対策を取らない傾向がある可能性が示唆された。

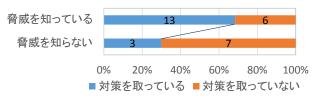


図 3 脅威の存在把握と対策実施状況のクロス集計 (N=29, Fisher の正確確率検定:p=0.064)

3. 目的

無料の公衆 Wi-Fi は、利用できる場所が多くその 便利さゆえに普及が進んでいる。しかし、無料サービ

スではセキュリティ保護(暗号化)されていないアクセスポイントが多く存在し、盗聴、なりすまし、無断アクセス、ウイルス感染といった危険性も存在している。にもかかわらず、利用者の中には十分な対策を取らずに利用している人もおり、その危険性や対策に関する周知が不足していることが考えられる。

そこで本演習では、公衆 Wi-Fi の安全利用に向けて、危険性や対策に関する効果的な周知方法を検討することを目的とする。そのために、アンケートによる公衆 Wi-Fi 利用時のリスクに対する許容度やその対策についての認知と実施率の調査を行い、さらにその回答理由を事後インタビューにより把握した。



図3 調査の流れ

4.アンケート調査

4.1 学習方法の違いによる行動変化の調査

公衆 Wi-Fi の安全利用に向けた周知方法の検討および、公衆 Wi-Fi の脅威と学習の違いによる結果の比較を行う。アンケートの質問項目は危険性の認知度、利用頻度、現状行っているセキュリティ対策であり、これらの回答結果を回答者の属性とする。

学習方法の違いによる行動への影響を調査する。 図4にアンケート調査に用いた「調べものを行う際の個人情報流出の許容度」の設問を示す.これを用いて学習効果を調査する.以下の手順で実施する.

4.2 学習効果の調査手順

- ① アンケート対象者に検索サイトを利用した調べ ものを行うことを想定させる。
- ② 各状況に応じた許容度を選択する(図 4)。
- ③ 各項目の中で最も小さい番号を選択した状況を 最も許容できない状況とする。
- ④ 公衆 Wi-Fi に存在する脅威(盗聴・無断アクセス・ウイルス感染)と対策を示す説明文(図5または図6)を示し、学習させる。
- ⑤ 説明文が「対策の手順なし」と「対策の手順あり」の学習方法について、2つのパターンの用紙で別々の回答者に回答させる。

07 公衆 Wi-Fi を利用して、<u>検索サイト (Google・Yahoo!など)を利用した調べもの</u>を行うと仮定します。 この時、あなたは以下の状況をどの程度許容することができますか、あてはまる番号に○をつけて ください、(各段間 1つに○)

許容できる
5
5
4 5
45
5

図4 許容度についての質問

①について以下の設問を用いる。

Q8 下記のa) \sim d)にしたがって、設問にご回答ください。

- a) Q7 (図4) に戻り、設定された4つの状況のうち、あなたが選択した番号が最も小さい(最も許容できない) 状況をご確認ください.
- b) いまあなたはその状況が起きないように、公衆 Wi-Fiを利用して、検索サイトを使用した調べもの を行いたいと考えているとします.
- c) 利用する公衆 Wi-Fi は、最初の定義の通り、不特定多数の人が利用するような Wi-Fi であるとします。
- d) このとき,あなたは左の【説明文】を読んだ上で,どのような行動をとりますか.あてはまるものすべてを選択し,○をつけてください.(あてはまるものすべてに○)

<選択肢>

- 1. 何もせずにそのまま利用する
- 2. アンチウイルスソフトを利用する
- 3. ネットワークをパブリック設定にする
- 4. VPN を使用する
- 5. SSL/TLS 通信のサイトのみを閲覧する
- 6. 無線 LAN を利用しないときは Wi-Fi 設定を OFF に する
- 7. 他人に盗まれて困る情報を入力しない
- 8. その他

②について許容できないものを 1、許容できるものを 5 の 5 段階とする。③について最も小さい項目が複数ある場合は複数の状況を同時に考慮させる。④について脅威(盗聴・無断アクセス・ウイルス感染)と対策に関する説明文で学習する。⑤について盗聴を例として、手順あり(図 6)の赤い部分が手順無しにない追加の説明文であり、手順と対策を導入する欠点が書かれている。学習後、回答者がどのような対策・行動をとるかを選択させる。各回答者の属性と学習による対策の適切さを調査し、どのような属性の人が対策を行うかを分析し、安全に公衆Wi-Fi を利用できる方法を検討する。

4.3 アンケートの概要と対象者

公衆 Wi-Fi の脅威と対策について、アンケート用紙を用いた調査を行った。調査概要は表 2 に示す通りである。

表 2 アンケート調査の概要

調査方法	手順ありと手順なしのアンケートを		
	用いた学習効果の調査		
対象者	筑波大学学生(リスク工学専攻学生以		
	外)		
回答数	189名(手順あり 99名、手順無し		
	90 名)		
調査期間	7月25日~8月9日		

○盗聴

盗聴とは通信内容が第三者に見られることをいいます.

▶ 対策

• SSL/TSL 通信

SSL/TSL 通信を行っているサイトは通信内 容が暗号化されているため、通信内容が第三者 に読み取られるのを防ぎます.

 VPN(Virtual Private Network) 仮想的なネットワークを構築してサイトにア クセスすることで通信内容を暗号化し、通信内 容の流出を防ぎます.



図5 説明文の一部 (手順なし)

対策なし

○盗聴

盗聴とは通信内容が第三者に見られることをいいます.

⇒ 対策

• SSL/TSL 通信

通信内容を暗号化する仕組みです。サイトの URL が「https」で始まっており、こうしたサ イトを利用することで, 通信内容が第三者に読 み取られるのを防ぎます。ただし、全てのサイ トが SSL/TSL 通信を行っているわけではな いため、得られる情報量が少なくなることがあ ります.

VPN(Virtual Private Network)

公衆Wi-Fi 対策あり 暗号化されており 利用者

仮想的なネットワークを構築してサイトにアクセスすることで通信内容を暗号化し、通信内容 の流出を防ぎます。ただし、通常より通信速度が遅くなることがあります。VPN の設定は、有料 または無料の VPN ソフトをダウンロード・インストールし、VPN サーバへ接続することで行い ます.

図6 説明文の一部 (手順あり)

5.アンケート結果

5.1 公衆 Wi-Fi の利用実態

公衆 Wi-Fi の利用実態は、毎日利用する人から半 年に1回しか利用しない人までいるが、使わないと 答えた人が、52人と最も多くなった。公衆 Wi-Fi を利用しない理由で最も多かったのは、「設定が面 倒なため」であり、20人が回答している。その他 には「情報セキュリティに懸念を感じるため」と回 答した人が13人おり、セキュリティ対策の周知が 公衆 Wi-Fi の利用促進につながる可能性が考えられ る。

5.2 公衆 Wi-Fi の危険性とセキュリティ対策

「公衆 Wi-Fi の利用に際して、どのような危険性 の存在を知っていますか」という危険性の把握状況 に関する設問に対して、最も把握している人が多か ったのは事前調査と同様に、「通信内容を他人に盗 まれる」という脅威であるが、これは 189 人中 113 人であり、全体の6割にすぎない。そして、189人 中 51 人の人は公衆 Wi-Fi の危険性をまったく把握 していないことが明らかとなった。

「公衆 Wi-Fi を利用する際にどのようなセキュリ ティ対策を行っていますか」というセキュリティ対 策の実施状況についての設問では、「アンチウイル スソフトを利用する」、「無線 LAN を利用しないと

きは Wi-Fi 設定を OFF にする」という対策を取 っている人は 136 人中それぞれ 3 割程度であり、 「取っていない」と答えた人が約半数の61人とな

セキュリティ対策を取らない理由は、セキュリテ ィ対策を取っていない 61 人中の 45 人が「何をすれ ばよいかわからないため」と回答しており、「どん な脅威があるか知らないため」と回答した人が 18 人であった。このことから、脅威や対策に対する知 識不足が、対策の実施状況に関連があると考えられ るため、脅威の知識と対策の有無のクロス集計を行 った。図7に脅威の知識と対策の有無のクロス集計 の結果を示す。カイ二乗検定を行った結果、

p<0.001***となったことから、脅威を知っている人 ほどセキュリティ対策を取り、脅威を知らない人は 対策を取らない傾向があることが統計的有意に示さ れた。

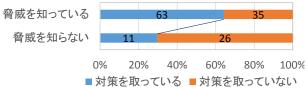


図7 脅威の知識と対策の有無のクロス集計 $(N=135, \chi^2=12.949, df=1, p<0.001***)$

5.3 被害に対する許容度

個人の被害に対する許容度を把握するため、図3のようにWeb検索を行う際の各状況に応じた許容度について尋ねた。図8に状況別の許容度を示す。ブックマーク、お気に入り情報、アクセスしたページ内容など、個人、プライベート情報が含まれている場合は許容されない傾向にあるが、許容度には個人差があることがわかる。このことから、個人に合ったセキュリティ対策を提示することが望ましいと考えられる。

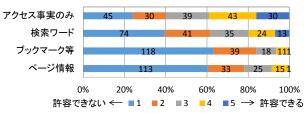


図8 Web 検索時における各状況別の許容度(N=187)

5.4 セキュリティ対策に関する学習

公衆 Wi-Fi に存在する脅威に対する対策を説明した文章を読んでもらい、Web 検索を行う際に、自身が許容できないものを防ぐためにどのような対策を取るかについて尋ねた。そして、図 5・図 6 の説明文の手順ありと手順なしの違いによる対策意向と選択した対策の種類の差について検討した。

5.4.1 学習前との比較

まず説明文を読む前を学習前とし、学習前にセキュリティ対策を取っていなかった人について分析を行った。図9に学習前と学習後の対策意向、図10には学習後対策を取る人のうちの手順有無別の対策意向を示す。学習前に対策を取っていなかった人は63人であったが、そのうち48人の人が学習後に対策を取る意向へと変化した。図10から、Fisherの正確確率検定の結果p=0.069と10%水準では有意となり、学習前に対策を取っていなかった人は、その設定方法などが記載されている手順ありの説明文を提示することで、より対策を取るようになる傾向がある。

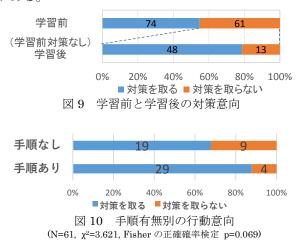


図 11 には手順あり・なし別の学習後の行動内 訳、図 12 には学習後にも対策を取らない理由を示 す。そして、図 11 から、手順ありの説明文を読ん だが対策を取らないと答えた人は、対策の内容を理 解できないのではなく、手順まで表記されているこ とで対策を面倒と感じるということが分かる。

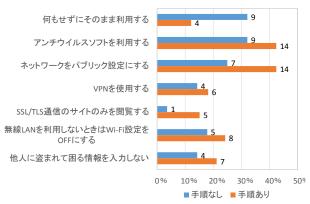


図 11 学習後の行動(N=61)



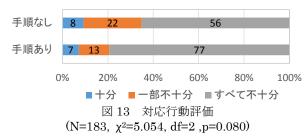
図 12 学習後に対策を取らない理由(N=13)

5.4.2 対応行動評価

次に、許容できない脅威に対する対策の十分性を確認した。説明文を読んでもらい、Q7のWeb検索時に許容できないことを守るために取るセキュリティ対策について尋ねた。Web検索において、「ブックマークやお気に入り情報が流出する」ことが許容できない場合は、無断アクセスとウイルス感染を防ぐ必要があり、効果的な対策は、ネットワークをパブリック設定にすることと、アンチウイルスソフトをダウンロードすることである。また、「アクセスしたページ内容の情報が他者に流出する」ことが許容できない場合は、盗聴を防ぐ必要があり、効果的な対策はSSL/TLS通信を利用すること、もしくはVPNを利用することである。

図 13 に対応行動評価の結果を示す。手順あり・なしに関わらず、ほとんどの人の対策が十分でなかった。手順あり・なしで見ると、カイ二乗検定の結果、p=0.080 と 10%水準では有意となり、手順あり

を読んだ人は手順なしを読んだ人よりも対策が十分でない傾向があることが明らかとなった。



5.5 調査の考察・まとめ

- ① 脅威の認識について
 - ・ 公衆 Wi-Fi の利用時に存在する危険性を認 識している人は少ない。
 - 実際にセキュリティ対策を取っている人は アンケート対象者の約半数であった。
 - ・ セキュリティ対策を取っていない理由で最 も多かったのは「何をすればよいか分から ない」という回答であった。
 - ▶ 脅威と対策に関する認知・知識不足が対策の有無と関連していると考えられる。
- ② セキュリティ対策に関する説明文による学習効果について
 - ・ 学習前に対策を取っていないと回答した人 のうち約8割の人が対策を取る意向へと変 化した。
 - ・ 個人が許容できないことに対して十分な対策がとれている人は、手順あり・なし共に1割未満であった。
 - 手順ありを読んだ人が、手順なしを読んだ人より十分な対策が取れていなかった。
 - ▶ 十分な対策を選択しない原因を考察するために、追加インタビュー調査を実施

6. インタビュー調査

6.1 調査概要

アンケート調査で得られた結果は、回答者がどのような考えをもっていたことによるのか、その理由を把握するために、追加調査を行った。調査概要は、表3に示すとおりである。

なお、この調査では回答が少数であり、定量的で 詳細な評価を行うことはできていないが、不十分な 対策が取られる要因を定性的に把握している。

表 3 インタビュー調査の概要

調査方法	アンケート回答後、回答の理由の詳
	細をインタビュー
対象者	本アンケートに回答しなかった人
	(リスク工学専攻学生)
回答数	16名(手順あり8名、手順なし8名)
調査期間	10月3日~5日

6.2 調査結果

調査によって得られた 16名の回答を整理し、特に代表的な回答をした 3名について以下で説明する。

Aさん

説明文:手順なし

回答:最も許容できない被害に対して、選択した対策 は不十分

<選択した理由>

- ・許容できない被害が、説明文中のどの脅威(盗聴・ 無断アクセス・ウィルス感染)に当てはまるのかを 判断することができなかった。
- ・一つの対策だけでは不十分な場合があることがわからなかった。
- ・手順なしの説明文だったので、対策のイメージがわ かなかった。
- ・説明文を全部読むのが面倒で、あまり理解していな かった。

この回答者は、想定する被害と対応する脅威の情報、一つの対策では不十分な場合があるという情報が説明文中になかったこと、また対策の手順が説明されていなかったことから、十分な対策を判断することができなかった。また、説明文の量を見てそもそもきちんと読んでいなかったことにより、理解が不足していたことも明らかになった。

Bさん

説明文:手順あり

回答:最も許容できない被害に対して、選択した対策 は不十分

<選択した理由>

- ・対策の手順を読んで面倒だと感じたので、簡単で気 軽なものを選んだ。
- ・被害が目に見えないので対策を取る気が起きない。

Cさん

説明文:手順なし

回答:最も許容できない被害に対して、対策を取らず にそのまま利用

<選択した理由>

- ・説明文を読んでどんな対策を取れば何を防げるのか は理解できたが、受ける被害よりも対策を取る手間 の方が大きいと思った。
- ・自分の情報が流出しても特に困ることは無い。

まず B さんは、手順ありの説明文を読み、対策を取ることが手間だと感じたため、防げる内容ではなく、手軽さを重視して対策を選択している。また C さんは、説明文から対策と防げる内容を理解した上で、流出して困る情報は無いからと、対策を取る手間を考えて実行に及ばないと回答している。このように、説明文の内容理解に関わらず、対策を周知させることでその手間のイメージまでも植えつけ、十分な対応行動に結びつかない可能性があることが明らかになった。

6.3 各調査全体のまとめ

本章のインタビュー調査と4章のアンケート調査の結果を合わせて、回答者が不十分な対策を選択するまでの過程を整理したものが、図14である。

今回の調査より、説明文を提示しても理解・判断ができないのは、対策の手順に関する記載の有無の影響、また想定する被害と脅威の対応や、一つの対策では不十分である旨を記載していなかった説明である旨を記載していなかった説明である情報不足が考えられる。加えてしたのであったりしたことが表が高回したことが表がでいないのたことも考えられる。こうとと説んでいないかったことも考えられる。こうとと説んでいないとも考えられる。こうとと説がいいとであったとも考えられる。こうとと選択してしまずとが示唆された。また、説明ることを理解に関わらることが表を選択する、あるいは対策を選択する、あるいは対策を選択する、あるいは対策を選択する、あるいは対策を選択する、あるいは対策を選択する、あるいは対策を選択する、あるいに対策を選択する、あるいに対策を選択する。

以上のように、不十分な対策が取られる要因には、説明文の情報不足や回答者の不精読、あるいは対策の面倒さが伝わってしまうことが観測された。ただし、ここには今回作成した説明文の不備に起因する部分も含まれていると考えられ、この部分が回答にどこまで影響を与えているかを適切に判断することはできていない。

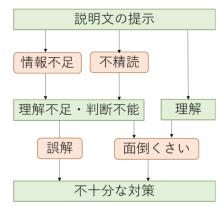


図 14 不十分な対策を選択するまでの過程

7. まとめ

本演習では、個人に合った公衆 Wi-Fi 利用時のセキュリティ対策の効果的な周知方法の検討を目的として、利用者の意識・行動意向等に関するアンケート調査とインタビュー調査を行った。

調査を通して、まず説明文上で対策の手順などの 詳しい記述を掲載することは、対策実施率を上げる 反面、利用者の理解を困難にしてしまうことが明ら かとなった。こうした実情を踏まえると、個人の許 容範囲に合わせて決まった対策を指定し、「これが 許容できないならこの対策を」といったように、利 用者自身に求められる判断の余地をなるべく少なく する周知の仕方が有効であると考える。

また、対策を取ることの手間や、普段から被害の 実感が無いことから行動を起こさないという実情が インタビュー調査より明らかになった。これに対し ては、具体的な被害事例や危険性を示す情報を提示 することで、利用者に対策を取ることの重要性を理 解させるような工夫が有効であると考える。

最後に、今回は公衆 Wi-Fi を個人で利用するケースを想定して回答してもらったが、周りに被害が及ばないこうしたケースでは危機意識を持ちづらいという回答もいくつか得られた。他人や組織の情報など流出すると自分以外の人に迷惑がかかるような場合には、より安全な利用を心掛けるようになり、対策意欲や情報の理解度が変化する可能性がある。学校や企業など情報の取り扱いに注意する必要のある組織において、こうした危険性の周知の義務化を推進する必要性が示唆された。

8. 今後の課題

今後は、今回作成した説明文について、想定する被害と取るべき対策の対応づけや、防ごうとする被害によって異なる対策が必要となる旨など、不足していた情報を追加し、分量や配置に改善を加えた説明文を作成して調査をすることが必要である。また、今回は自分の被害を想定する設問であったが、他人や組織など自分以外にも被害が及ぶような場面を想定した調査を行うことで、より対策行動の促進に有効な知見が得られる可能性があると考えられる。このため、今回は調査対象を筑波大学生としていたが、企業で働く社会人など普段利用する公衆Wi-Fi環境が学生とは異なるような対象にも調査を行うことが必要である。

参考文献

- [1] 総務省:公衆無線 LAN の設備の促進 http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseis aku/public_wi-fi/ (最終閲覧日 2016/10/14)
- [2] ICT 総研:2015 年公衆無線 LAN サービス利 用者動向調査
 - http://ictr.co.jp/report/20150416000081.html (最終閲覧日 2016/10/14)
- [3] IPA:公衆無線 LAN 利用に係る脅威と対策, 2016/3/30
 - https://www.ipa.go.jp/files/000051453.pdf (最 終閲覧日 2016/10/14)
- [4] 総務省:公衆無線 LAN 利用に係る調査結果, 2015/3/16
 - http://www.soumu.go.jp/main_content/000347 144.pdf (最終閲覧日 2016/10/14)

社会のリスクのクスリとなる学問

筑波大学大学院 システム情報工学研究科

リスク工学専攻

「リスク」の「クスリ」を学んでみませんか?

リスク工学専攻では,毎年,

- ●教員・学生の研究成果やイベントの概要をまとめた**紀要「リスク工学研究」**
- ●目玉授業「リスク工学グループ演習」の**リスク工学グループ演習成果報告書**を発行しています.

リスク工学専攻WEBサイトにバックナンバー・全文が掲載されていますのでぜひご覧ください.

■リスク工学専攻WEBサイト http://www.risk.tsukuba.ac.jp/

紀要「リスク工学研究」: http://www.risk.tsukuba.ac.jp/bulletin.html グループ演習報告書: http://www.risk.tsukuba.ac.jp/groupwork.html



都市リスク分野

都市の災害時・平常時のリスク

環境エネルギー リスク分野

地域の環境汚染と地球規模の環境問題

サイバーリスク分野

情報セキュリティ、 ネットワークセキュリティ

トータル・リスク マネジメント分野

リスク解析・評価の 基礎理論





編集: 平成28年度リスク工学グループ演習担当 (筑波大学大学院システム情報工学研究科リスク工学専攻)

羽田野祐子 鈴木研悟

発 行:2017年3月